



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/)

Vea una copia de esta licencia en  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Obtención de híbridos intraespecíficos F1 a partir de seis líneas autofecundadas S<sub>3</sub> de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante un análisis dialélico en la región San Martín**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo**

**AUTOR:**

**Javier Alexander Bazán Cubas**

**ASESOR:**

**Ing. María Emilia Ruíz Sánchez**

**Tarapoto – Perú**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Obtención de híbridos intraespecíficos F1 a partir de seis líneas autofecundadas S<sub>3</sub> de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante un análisis dialélico en la región San Martín**

**AUTOR:**

**Javier Alexander Bazán Cubas**

**Sustentada y aprobada el día 22 de octubre del 2014 ante el honorable jurado**

.....  
Dr. Winston Franz Ríos Ruiz  
Presidente

.....  
Ing. M.Sc. Dr. Luis Alberto Leveau Guerra  
Secretario

.....  
Ing. M.Sc. Elías Torres Flores  
Miembro

.....  
Ing. María Emilia Ruiz Sánchez  
Asesor

## Declaración de Autenticidad

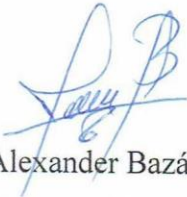
Javier Alexander Bazán Cubas, egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela Profesional de AGRONOMÍA, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con DNI N° 80611992, con la tesis titulada: **Obtención de híbridos intraespecíficos F1 a partir de seis líneas autofecundadas S<sub>3</sub> de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante un análisis dialélico en la región San Martín**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), **falsificación** (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 22 de Octubre del 2014

  
Javier Alexander Bazán Cubas  
DNI N° 80611992



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres: <i>Bazán Cubas Javier Alexander</i>	
Código de alumno : <i>081103</i>	Teléfono: <i>969612942</i>
Correo electrónico : <i>jbazan.pnrc@gmail.com</i>	DNI: <i>80611992</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de: <i>Ciencias Agrarias</i>
Escuela Profesional de: <i>Agromonia</i>

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos de trabajo de investigación**

Título: <i>Obtención de híbridos intraespecíficos F1 a partir de seis líneas autofecundadas S3 de Sacha (Inchi (Plukenetia volubilis L.) mediante un análisis dialéctico en la región San Martín.</i>
Año de publicación: <i>2014</i>

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indiquen el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el Título Profesional o Grado Académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el Inciso 12.2, del Artículo 12° del Reglamento Nacional de Trabajos de Investigaciones para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales –RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.



.....  
Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM-T.

Fecha de recepción del documento:

18/07/2019



.....  
Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM-T.

**\*Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\*Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## Dedicatoria

*A Dios padre celestial  
que siempre ha estado  
pendiente de mis acciones.*

*Con eterna gratitud y cariño a  
mi querida madre Deidamia Clemira  
Cubas Guevara quien con su esfuerzo y  
constante orientación hicieron posible lograr  
mi carrera profesional.*

*A mi Padre Edilberto Bazán Delgado  
que desde el cielo con su bendición  
guía siempre mis pasos.*

*A mis hermanos Jaime Luis, Icela Lili  
y Ruth Magali que siempre estuvieron  
pendientes en la culminación de  
de mi meta trazada.*

## Agradecimiento

- A La Universidad Nacional de San Martín, en especial a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias que contribuyeron a mi formación profesional.
- Al proyecto de Innovación y Competitividad para el Agro Peruano (INCAGRO), por financiar el subproyecto “Desarrollo de Tecnologías de Mejoramiento genético de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), dentro el cual se realizó el presente trabajo de investigación
- Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), por todo el apoyo brindado y facilitar las instalaciones para el presente trabajo.
- Al Ing. María Emilia Ruíz Sánchez, asesor del presente trabajo de investigación.
- Al Blgo. M.Sc. Reynaldo Solís Leyva, Co-asesor del presente trabajo de investigación, por compartir sus sabias enseñanzas, tiempo y dedicación.
- A mis compañeros y amigos del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana Marlon Pezo Najjar, Roger pichis, Luis Miguel Cruz Veintemilla, que de una y otra forma apoyaron la realización del siguiente trabajo de tesis.



## Índice general

	<b>Página</b>
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento .....	vii
Resumen .....	xii
Abstract.....	xiii
Introducción.....	1
<b>CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
1.1 Origen y distribución geográfica del cultivo de sacha inchi .....	3
1.2 Clasificación Botánica del cultivo de sacha inchi .....	3
1.3 Descripción Botánica del cultivo de sacha inchi .....	4
1.4 Ecología del cultivo de sacha inchi .....	4
1.5 Fenología del cultivo de sacha inchi.....	5
1.6 Propagación del sacha inchi .....	5
1.7 Características reproductivas de las plantas superiores .....	6
1.8 Mejoramiento genético del sacha inchi .....	6
1.9 Polinización .....	7
1.10 Mejoramiento genético en plantas .....	10
1.11 Obtención de líneas puras.....	11
1.12 Híbrido.....	12
1.13 Hibridación .....	12
1.14 Cruces dialélico .....	13
1.15 Análisis dialélico .....	13
1.16 Vigor híbrido o heterosis .....	13
1.17 Obtención de un híbrido .....	13
 <b>CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	 <b>15</b>
2.1. Materiales.....	15
2.2. Metodología .....	15
2.3. Ejecución Del Experimento .....	22
2.4. Variables de evaluación .....	26

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	28
3.1. Resultados.....	28
3.2. Discusión .....	39
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES .....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50
ANEXO .....	53

## Índice de tablas

	<b>Página</b>
Tabla 1: Duración de las fases de desarrollo del cultivo de sachu inchi .....	5
Tabla 2: Tratamientos en estudio .....	16
Tabla 3: Anva del experimento .....	17
Tabla 4: Resultados de Análisis físico-químico del suelo .....	18
Tabla 5: Datos climáticos de Octubre del 2012 a Abril del 2013, correspondiente al periodo experimental .....	19
Tabla 6: Análisis de varianza para el porcentaje de fecundación .....	28
Tabla 7: Análisis de varianza para el peso de cápsula .....	29
Tabla 8: Análisis de varianza para el diámetro de cápsula .....	30
Tabla 9: Análisis de varianza para el espesor de cápsula.....	31
Tabla 10: Análisis de varianza para el número de semillas por cápsula.....	32
Tabla 11: Análisis de varianza para el peso de semillas por cápsula.....	33
Tabla 12: Análisis de varianza para el peso de cáscara.....	34
Tabla 13: Análisis de varianza para el diámetro de semillas .....	35
Tabla 14: Análisis de varianza para el espesor de semillas.....	36
Tabla 15: Análisis de varianza para el peso de 100 semillas .....	37
Tabla 16: Análisis de varianza para el Porcentaje de germinación de los híbridos obtenidos .....	38

## Índice de figuras

	<b>Página</b>
Figura 1: Instalación de los sistemas de tutorajes .....	23
Figura 2: Emasculación.....	25
Figura 3: Recolección de polen.....	25
Figura 4: Polinización con sorbete .....	25
Figura 5: Puesta de algodón .....	25
Figura 6: Etiquetado.....	25
Figura 7: Fruto.....	25
Figura 8: Cosecha.....	25
Figura 9: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al porcentaje de fecundación .....	28
Figura 10: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de cápsula.....	29
Figura 11: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al diámetro de cápsula .....	30
Figura 12: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al espesor de cápsula.....	31
Figura 13: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al número de semillas por cápsula.....	32
Figura 14: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de semillas por cápsula .....	33
Figura 15: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de cáscara.....	34
Figura 16: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al diámetro de semillas .....	35
Figura 17: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al espesor de semillas .....	36
Figura 18: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de 100 semillas .....	37
Figura 19: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al Porcentaje de germinación.....	38

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue estudiar la compatibilidad de 6 líneas autofecundadas S3 y obtener semillas híbridas F1 de sachá inchi mediante polinización controlada empleando el método del sorbete, contribuyendo en los trabajos de investigación en mejoramiento genético que se realizan en este cultivo, de manera que se puedan obtener variedades altamente productivas, con elevados niveles de ácidos grasos insaturados y tolerantes al complejo nematodo-hongo. Se realizaron cruzas directas y recíprocas entre 6 líneas autofecundadas y el diseño estadístico empleado fue un DCA con 30 tratamientos y 3 repeticiones. Los resultados demostraron que las 6 líneas son compatibles y si es posible obtener híbridos intra específicos F1 de sachá inchi. Los tratamientos T3, T4, T5, T8, T9, T13, T15, T20, T26, T28 y T29 son estadísticamente diferentes y superiores en comparación al resto de los tratamientos en el porcentaje de fecundación, siendo T5 con 46.67 % el tratamiento numéricamente superior. En la caracterización de los frutos híbridos obtenidos se observa que los tratamientos T1, T12, T17, T22 y T27 que tienen a la línea autofecundada L2 como progenitor femenino son estadísticamente superiores al resto de tratamientos en cada una de las variables y los tratamientos T3, T8, T13, T24 y T29 que tienen a la línea autofecundada L5 como progenitor femenino son estadísticamente inferiores, observándose un fuerte efecto de la línea que actúa como progenitor femenino pero esto no es un indicador del comportamiento en campo de estas semillas híbridas.

Palabras clave: Sachá inchi, línea autofecundada, polinización controlada, híbridos.

## Abstract

The aim of the following research is to study the compatibility of six inbred lines S3 and get F1 hybrid seeds of sacha inchi by controlled pollination using the method of sorbet, contributing with the researches on genetic improvement in this crop, seeking to obtain high-yielding varieties with high levels of unsaturated fatty acids and tolerant nematode-fungus complex. Direct and reciprocal crosses were performed between 6 inbred lines and the statistical design used was a DCA with 30 treatments and 3 replications. The results showed that the 6 lines are compatible and is possible obtain F1 hybrids of sacha inchi. Treatments T3, T4, T5, T8, T9, T13, T15, T20, T26, T28 and T29 are statistically different and superior in comparison to other treatments in fecundation percentage and T5 with 46.67% is numerically superior. The characterization of the hybrid fruits obtained shows that the treatments T1, T12, T17, T22 and T27 that have L2 inbred line as female parent are statistically superior to all other treatments at each one of the variables and treatments T3, T8, T13, T24 and T29 that have L5 inbred line as female parent are statistically lower, showing a strong effect of the line that acts as the female parent but this is not an indicator of field performance of these hybrid seeds.

Keywords: sacha inchi, inbred line, controlled pollination, hybrids



## Introducción

El Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), es una especie nativa de la amazonia peruana con alto potencial para la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. El cultivo de Sacha Inchi viene ganando importancia en el mercado nacional e internacional debido a que el aceite extraído de sus almendras presenta un alto contenido de ácidos grasos insaturados (omega 3, 6 y 9) considerándose un aceite de bajo contenido de colesterol. Económicamente, constituye una buena alternativa para cubrir el déficit de grasas y aceites existentes en el Perú y permite la generación de empleos en la agricultura y agroindustria (Manco, 2008). Además el establecimiento de plantaciones de sachá inchi genera un impacto ambiental positivo ya que pueden instalarse en áreas intervenidas y degradadas.

El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) viene realizando investigaciones en mejoramiento genético y desarrollo de tecnologías de propagación vegetativa del sachá inchi, lográndose obtener 10 líneas autofecundadas S<sub>3</sub>, con el apoyo financiero de INCAGRO. Como características generales la consanguinidad causa algunos efectos de tipo general: manifestación de recesivos, pérdida de vigor, mayor mortalidad y aumento de esterilidad (Cubero, 2003). El fenómeno opuesto es el vigor híbrido o heterosis, que se define como el aumento de ciertos caracteres genéticos que surge tras el cruzamiento entre dos o más parentales seleccionados de tal forma que se garanticen la máxima producción y la máxima homogeneidad fenotípica. Debido a la poca adaptación en campo y tendencia a la esterilidad de 4 líneas se seleccionaron 6 líneas autofecundadas S<sub>3</sub> de sachá inchi para realizar los trabajos de polinización controlada.

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de estudiar la compatibilidad de 6 líneas autofecundadas S<sub>3</sub> y obtener semillas híbridas F1 mediante un análisis dialélico de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la región San Martín, contribuyendo en las investigaciones que se realizan en el mejoramiento genético orientados a desarrollar variedades con características de alta productividad, elevados niveles de ácidos grasos insaturados y tolerancia al complejo nematodo-hongo, de tal manera que el sachá inchi se convierta en una alternativa rentable para los agricultores.

El presente trabajo tuvo como objetivo general de obtener híbridos F1 mediante un análisis dialélico a partir de seis líneas autofecundadas S<sub>3</sub> de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la región San Martín.

Y como objetivos específicos de: determinar la compatibilidad sexual de seis líneas autofecundadas S<sub>3</sub> de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y evaluar y caracterizar los frutos obtenidos de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) producto de la polinización controlada.



# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Origen y distribución geográfica del cultivo de sachá inchi.

*Plukenetia* (Euphorbiaceae) es un género pantropical de lianas y enredaderas (Gillespie 1994) mencionó la existencia de 16 especies conocidas. De estas 11 están presentes en el Neotrópico, 4 en África y Madagascar y 1 en Asia (Bussman *et al.*, 2009) describieron una nueva especie llamada *Plukenetia huayllabambana*, endémica de la provincia Rodríguez de Mendoza, región Amazonas. En el Perú este cultivo se encuentra en estado silvestre en diversos lugares de San Martín, Ucayali, Huánuco, Amazonas, Cuzco, Loreto y Madre de Dios. En San Martín se encuentra en toda la cuenca del Huallaga, en la Provincia de Lamas, en el valle del Sisa, en Alto Mayo, Bajo Mayo hasta Yurimaguas. Crece desde los 100 hasta los 2000 m.s.n.m.m. (Valles, 1995).

### 1.2. Clasificación Botánica del cultivo de sachá inchi.

Según Mostacero *et al.*, (2002), la clasificación botánica de la planta es la siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: Fanerógamas

División: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Sub clase: Archichlamydeae

Orden: Geraniales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Plukenetia*

Especie: *volubilis*

Nombre científico: *Plukenetia volubilis* L.

Nombre común: Sachá Inchi

### 1.3. Descripción Botánica del cultivo de sachá inchi

*Plukenetia volubilis* L. es una planta trepadora, voluble, semileñosa, de crecimiento indeterminado. Sus hojas son alternas, de color verde oscuro, oval-elípticas, aseruladas el ápice es puntiagudo, y la base es plana o semiarriñonada. Las flores masculinas, son pequeñas, blanquecinas dispuestas en racimo; y las femeninas se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores (Manco, 2004).

El sachá inchi Presenta el fenómeno denominado dicogamia, de la clase protoginia; es decir, los pistilos maduran primero y son receptivos cuando los estambres aún no liberan polen, La receptividad estigmática ocurre con mayor intensidad a 96 horas luego de la emergencia del estigma es decir, se inicia días antes de que las flores estaminadas de la misma inflorescencia se aperturen (Cachique, 2006).

El fruto es una cápsula dehiscente de 3.5 a 4.5 cm de diámetro, con 4 lóbulos aristados (tetralobados) dentro de las cuales se encuentran 4 semillas ovaladas, de color marrón oscuro, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia el borde, algunos ecotipos presentan cápsulas con 5 a 7 lóbulos (Manco, 2004).

### 1.4. Ecología del cultivo de sachá inchi

Las condiciones edafoclimáticas del sachá inchi es muy variada teniendo rangos de temperatura de 12°C min a 36 °C max y de altitud que va desde los 100 m.s.n.m en la selva baja hasta los 2110 m.s.n.m en la selva alta. Las temperaturas muy altas son desfavorables para este cultivo ya que ocasionan la caída de flores y de frutos recién formados. La luz es otro factor muy importante ya que necesita mayor número de días para completar su desarrollo vegetativo, cuando las intensidades de luz son bajas la producción de frutos disminuye considerablemente. Como toda planta el cultivo de sachá inchi requiere de agua para tener un crecimiento y producción sostenida, siendo necesario realizar riegos dirigidos en los meses calurosos ya que periodos relativamente prolongados de sequias causan un crecimiento lento del cultivo. Otra ventaja de este cultivo es que crece en una

diversidad de suelos, siendo la textura del suelo un factor importante para la producción de este cultivo. Los mejores suelos son los de textura media (ligeramente sueltos) ya que posibilitan el mejor desarrollo y productividad del cultivo (Manco, 2008). Necesita de terrenos con buen drenaje, que elimine el exceso de agua tanto a nivel superficial como profundo (Manco, 2006) y para esto se debe establecer la plantación en suelos de preferencia plano onduladas con buen drenaje, y en zonas de selva alta, también en laderas con hasta 30% dependiente (Manco, 2003).

### 1.5. Fenología del cultivo de sachá inchi

Las fases de desarrollo del cultivo de sachá inchi tienen diferencias marcadas en las dos sistemas de siembra directa e indirecta, lo cual se detalla en el cuadro siguiente (Manco, 2008).

**Tabla 1:**

*Duración de las fases de desarrollo del cultivo de sachá inchi*

Fase De Desarrollo	Siembra Directa (d.d.s)	Siembra Indirecta	
		Almacigo (d.d.a)	Trasplante (d.d.t) <sup>®</sup>
Germinación	14 a 16	11 a 14	...
Emisión de guías	48 a 50	...	20 a 41
Inicio de floración	88 a 135	...	86 a 139
Inicio de fructificación	122 a 168	...	119 a 182
Inicio de cosecha	180 a 220	...	202 a 249

<sup>®</sup> *Trasplante a los 45 d.d.a*

*(d.d.a): Días después del almacigo*

*(d.d.s): Días después de la siembra*

*(d.d.t): Días después del trasplante*

### 1.6. Propagación del sachá inchi

La propagación asexual o vegetativa implica la reproducción a partir de partes o secciones vegetativas de las plantas, tales como tejidos u órganos del cuerpo

vegetativo (hojas, tallos y raíces) y es posible ya que los órganos vegetativos de muchas plantas tienen la capacidad de reproducirse (Hartmann y Kester, 1980).

Actualmente la propagación de sachá inchi es básicamente por semillas, al ser el sachá inchi una especie alógama su descendencia es heterogénea y no reúne las mismas características genéticas que los progenitores ocasionando la pérdida de materiales genéticos promisorios (Cachique, 2006).

La propagación vegetativa de sachá inchi a través del enraizamiento de estacas juveniles es posible empleando arena de textura media como sustrato con aplicación de 0.2% de ácido indolbutírico como inductor hormonal y el uso de estacas basales o intermedias de 8 cm de longitud con áreas foliares de 50 cm<sup>2</sup> (Cachique *et al.*, 2011).

### **1.7. Características reproductivas de las plantas superiores**

La iniciación de la reproducción requiere generalmente que la planta perciba y responda a las condiciones medioambientales (Chasan y Walbot, 1993).

El estigma recibe los granos de polen que llegan a él transportados por diversos medios. Está provisto frecuentemente de un líquido estigmático pegajoso y puede estar dotado de ganchos o depresiones, de pelos muy delgados rígidos o de glándulas, todo ello encaminado a facilitar la recepción del polen (Hill *et al.*, 1964).

### **1.8. Mejoramiento genético del sachá inchi**

Las investigaciones del cultivo de sachá inchi o maní del monte se inician en 1988 por el Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología, de la Estación Experimental “El Porvenir” (INIA), en la línea de mejoramiento genético, con la recolección y evaluación de ecotipos de sachá inchi (Arévalo, 1995).

Desde el año 2006 el IIAP viene trabajando en el mejoramiento genético del sachá inchi, desde este tiempo a la fecha se han desarrollado trabajos de

investigación en desarrollo de líneas autofecundadas, desarrollo de tecnologías de propagación vegetativa, evaluación de la tolerancia al nematodo de nudo, caracterización molecular y caracterización química de ácidos grasos insaturados.

## **1.9. Polinización**

La reproducción sexual y el desarrollo de la semilla dependen de la polinización, la que se define como la transferencia del polen desde la antera al estigma del pistilo (Westwood, 1982). Después de la polinización y de la doble fecundación, se desarrolla el fruto que contiene las semillas, completándose de esta forma el ciclo vital de la planta (Fahn, 1978).

La polinización es un requerimiento de algunas especies para fructificar y en algunos cultivares para maximizar la producción de semillas, además de incrementar la precocidad y uniformidad de la cosecha (McGregor, 1976; Corbet *et al.*, 1991). Otro aspecto importante de la polinización es que, para su éxito reproductivo, se requiere de una adecuada proporción de polen en relación a los óvulos, representado por la cantidad mínima de polen que debe existir por flor para que el óvulo sea fecundado (Klinhamer y De Jong, 1993).

### **1.9.1. Autopolinización**

Se define como la transferencia de polen desde las anteras al estigma de la misma flor, o a estigmas de otras flores de la misma planta o flores de diferentes plantas del mismo genotipo (Hoopingarner y Waller, 1993).

La autogamia se produce en flores hermafroditas, mientras que geitonogamia se produce obligadamente en individuos monoicos, pero también puede presentarse en individuos hermafroditas con diferente grado de madurez sexual (Strasburger *et al.*, 1994).

La autopolinización no promueve la variabilidad genética, por lo tanto, las plantas que utilizan este mecanismo generalmente presentan una disminución, tanto en rendimiento como en calidad (Free, 1993; Frankel y Galun, 1977).

La autocompatibilidad se produce en plantas que son capaces de fertilizar sus óvulos mediante el polen del mismo pie, resulta una ventaja para algunas especies de plantas que, por diferentes factores, les resulta difícil efectuar una polinización de tipo cruzada muchas de las especies de polinización autocompatible muestran una mayor tendencia a producir abortos frutales, a diferencia de las especies de polinización cruzada, donde los abortos frutales son escasos (Free, 1993).

### **1.9.2. Polinización cruzada**

Es la transferencia de polen entre plantas que no tienen características genéticas idénticas. Su importancia radica en la sobrevivencia de las especies a través de los años ya que proporciona diversidad al pool genético dentro de la población de las plantas (Hoopingarner y Waller 1993).

El éxito de la polinización, la producción de semillas capaces de germinar y la prosperidad de la descendencia dentro de una misma especie, en general, son mayores cuando la polinización es cruzada que cuando es autógena, esto debido a que aumentan las posibilidades que se forman nuevas combinaciones de factores hereditarios (Strasburger *et al.*, 1994).

El Cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) - Euphorbiaceae", presenta un alto porcentaje de polinización cruzada, lo cual implica que se trata de una especie alógama (Cachique, 2006).

### **1.9.3. Factores que regulan la polinización**

En ambientes naturales, según la especie de angiosperma, se despliegan distintos mecanismos para impedir la autofecundación, entre los que se cuentan la diferenciación sexual, la incompatibilidad, la dicogamia, la hercogamia y la esterilidad (Dumas *et al.*, 1985; Strasburger *et al.*, 1994).

La diferenciación sexual favorece la polinización cruzada entre distintos individuos paternos y con ello la tasa de recombinación de la población. La dicogamia ocurre cuando los estambres y estigmas de la misma flor alcanzan la madurez para la polinización en distintas épocas; si los estambres llegan a sazón antes que los estigmas hay protandria; en caso contrario, protoginia. Existe

hercogamia en aquellas flores en que la ubicación espacial de anteras y estigmas impide la autopolinización (Strasburger *et al.*, 1994).

La incompatibilidad es la incapacidad de una planta superior, productora de semilla hermafrodita fértil, para producir un cigoto después de la autopolinización para lo cual desarrolla un mecanismo genético-bioquímico de reconocimiento del polen (Durán y cruz, 2011). La esterilidad es el mecanismo en el cual el aborto o la destrucción del tubo germinativo son producidos por aberraciones cromosómicas y citoplasmáticas, como una manera de evitar la polinización interespecífica (Verdi, 2004).

La apomixis es un término utilizado para expresar la reproducción asexual en las plantas cuando el embrión se forma a partir de un óvulo que puede presentar meiosis incompleta y/o que es fecundado por una célula de origen distinto al del grano de polen, generalmente de origen somático, pero sin meiosis o ésta es incompleta (Verdi, 2004).

#### **1.9.4. Polinización controlada o artificial**

Las plantas alógamas se requiere de algún método de polinización controlada para regenerar el germoplasma. Así mismo dentro de la fitotecnia consiste en manipular y depositar en forma artificial el polen en el estigma, para generar plantas híbridas o variedades (Sevilla, 2004).

#### **1.9.5. Emasculación**

Es la técnica de eliminación del androceo, para después realizar la fecundación por medio de cruzamiento entre dos progenitores. La emasculación se realiza en especies autógamas extrayendo las anteras antes de que hagan su dehiscencia para evitar autofecundación (Poehlman y Sleper 2003).

#### **1.9.6. Hibridación mediante el método del sorbete**

Consiste en la recolección del polen en un fragmento de sorbete de (5 mm Ø x 8 cm), que está cerrado a un extremo y abierto al otro extremo; que logra alojar internamente a la estructura de la flor femenina, asegurando así realizar una

polinización controlada. Es una técnica sencilla, de bajo costo y de alto porcentaje de fecundación, solo se necesita tener una buena observación y destreza.

Para la preparación de las plantas femeninas se procede a emasculas las plantas seleccionadas (para evitar la auto polinización), el cruzamiento se realiza cuando la flor pistilada esta apta para recibir el polen, de preferencia a en horas de la mañana; se colecta el polen en el sorbete a razón de 8 a 10 botones florales, luego se procede a cubrir la flor femenina con el sorbete, teniéndose mucho cuidado a fin de evitar lesionarla, posteriormente se coloca algodón en la base del sorbete para evitar la contaminación de polen extraño, después del proceso se procede a etiquetar la flor polinizada, indicando el nombre de los parentales, la fecha de polinización y el nombre del polinizador. Al cabo de 7 días se evalúa el porcentaje de fecundación (Noriega, 2009).

### **1.10. Mejoramiento genético en plantas**

El ciclo de siembra de granos cosechados – cosecha – siembra de granos cosechados crea una fortísima presión de selección que tiende como consecuencia hacer pasar una especie silvestre a una cultivada; a dicho proceso se la llama selección automática, la cual es un poderoso método para la domesticación de las plantas (Cubero, 2003).

En definitiva con frecuencia, la práctica de combinar genes de diversas fuentes de germoplasma permite obtener un alto nivel de rendimiento de un cultivar (Poehlman y Sleper 2003).

Toda la variabilidad genética se origina por mutación, en su concepto más simple la mutación se produce por un cambio en un nucleótido en el sector de la cadena de ADN que codifica a un gen. Los dos alelos se encuentran en el mismo sitio (locus) pero en distinto cromosoma homólogo. Los cromosomas homólogos, que están separados en los gametos se juntan en las células somáticas; uno proviene del padre y el otro de la madre (Sevilla, 2004).



### **1.11. Obtención de líneas puras**

Una línea pura es un conjunto de individuos absolutamente homocigotos, el concepto se aplica tanto a autógamias como a alógamas. Aunque es deseable la máxima homocigosis posible, se restringe la exigencia a un grado conveniente alcanzable en un cierto periodo de tiempo. La diferencia estriba en una sola operación a realizar, las autógamias se autofecundan de forma natural, pero en las alógamas hay que autofecundar en forma controlada (Cubero, 2003).

Al reproducirse mediante fecundación cruzada, las plantas alógamas son fuertemente heterocigotas. Si fecundamos artificialmente para obtener líneas puras observaremos una notable pérdida de vigor en relación con las plantas de partida (degeneración por consanguinidad) llegando a veces a ser totalmente estériles. Pero las líneas puras de plantas alógamas, a pesar de su apariencia, en general, enfermiza y escuálida, son bien útiles en otras circunstancias, si se cruzan entre sí dos líneas puras, obtenidas a base de autofecundaciones forzadas sucesivas, el híbrido que producen es de aspecto totalmente normal; es lo que se llama vigor híbrido o heterosis. Si se eligen convenientemente las líneas puras, el híbrido resultante puede resultar de mayor producción que cualquiera de las poblaciones existentes (Cubero, 2003).

#### **Método genealógico**

En plantas autógamias basta con recoger separadamente las semillas de distintas plantas y multiplicarlas en años sucesivos ya que estas son ya homocigotas. En alógamas hay que autofecundar artificialmente un número elevado de veces, siguiendo un control riguroso de los descendientes de cada planta S<sub>2</sub>. A partir de dicha generación y a lo largo de varias generaciones, se eligen los mejores individuos dentro de los mejores S<sub>3</sub> (selección combinada intra e interfamiliar), luego los mejores individuos dentro de las mejores S<sub>4</sub> y así sucesivamente, a medida que avanza el proceso, la homogeneidad fenotípica dentro de cada una de ellas va siendo mayor (Cubero, 2003).

### **1.12. Híbrido**

Se refiere generalmente a cruzas intraespecíficas. Sin embargo no es erróneo aplicarlo a cruzas interespecíficas, como aquellas entre razas, o incluso a cruzas entre dos diferentes genotipos de una misma población (Sevilla, 2004).

### **1.13. Hibridación**

Se utiliza en progenitores genéticamente distintos con polinización cruzada con el propósito de obtener recombinación genética. La hibridación se efectúa generalmente con el objeto de estudiar la forma en que se heredan los caracteres contrastados, para identificar y seleccionar las líneas que combinen genes deseables provenientes de ambos progenitores y las líneas que demuestren ser superiores pueden cultivarse como un nuevo cultivar (Poehlman y Sleper 2003).

Para realizar un cruzamiento ha de colectarse el polen de la planta elegida como parental masculino sobre el estigma del femenino. El polen, pues, debe estar maduro y el estigma debe ser receptivo. Eliminando todo rastro de polen en la flor que vamos a fecundar y evitar, tras realizar la polinización a mano, le llegue polen de otra planta. Como en todo, hay especies fáciles y especies difíciles, en estas, los porcentajes de éxito, incluso para los buenos profesionales, pueden ser muy bajos. Considérese, asimismo, que una cosa es obtener semillas del cruzamiento y otra es que esas semillas germinen o que den un individuo perfectamente fértil, lo cual depende de los genotipos de los parentales (por ejemplo de su lejanía evolutiva, de su constitución cromosómica y genética, etc.), de necesidades fisiológicas del embrión en desarrollo, etc. (Cubero, 2003).

#### **1.13.1. Hibridación Interespecífica**

Cuando se habla de cruzamientos interespecíficos debería esperarse un máximo de heterosis, siendo el propósito de transferir un gen no disponible en las variedades existentes. El buen resultado dependerá de las relaciones genéticas entre las especies, los híbridos resultantes F1 presentan un alto grado de esterilidad y deficiencias, pudiendo llegar a una incapacitación fisiológica para sobrevivir (Poehlman y Sleper 2003).

### **1.13.2. Hibridación Intraespecífica**

Se refiere al cruzamiento entre individuos de la misma especie. Cuando se realiza un cruzamiento entre líneas puras la F1 es genotípicamente heterocigótica y genotípicamente homogénea. En un cruzamiento entre 2 líneas puras o líneas consanguíneas, cada locus tendrá un máximo de 2 alelos diferentes, uno por cada línea. El número de genotipos se incrementa de forma considerable cuando se incrementa el número de loci que presentan más de 2 alelos por locus. En la F2 (primera generación segregante) de dicho cruzamiento aparecerán genotipos recombinantes, que reúnan caracteres que antes estaban separados en los dos parentales. Por tanto, las F2 deben ser poblaciones segregantes tan grandes como sea posible la superficie de tierra disponible y el programa lo permita (Ayala *et al.*, 1984).

### **1.14. Cruces dialélicos**

Se trata del cruzamiento de plantas F2 entre sí para favorecer la aparición de nuevas combinaciones. Si procede, se hace lo mismo con plantas F3. (Cubero, 2003).

### **1.15. Análisis dialélico**

Son todos los cruzamientos posibles entre  $n$  líneas entre sí, utilizado como método de estudio en genética cuantitativa. (Cubero, 2003).

### **1.16. Vigor híbrido o heterosis**

Es el resultado de reunir una serie de genes dominantes favorables. Mostrándose en el incremento en tamaño, vigor o productividad de una planta híbrida sobre el promedio o media de sus progenitores (Poehlman y Sleper 2003).

### **1.17. Obtención de un híbrido**

A mano o por medios naturales, en la formación de híbridos se siguen una serie de pasos comunes con independencia del sistema de reproducción estos pasos son:

Obtención y evaluación de parentales (Estos han de ser líneas puras siendo la característica principal la aptitud combinatoria), mantenimiento de los parentales (Este proceso es continuo y favorece tanto al productor como al agricultor) y Obtención comercial de híbridos.

Si utilizamos un conjunto de líneas para mezclarlos en polinización libre con objeto de formar una nueva población que muestre un nivel de heterosis mayor que el existente por métodos masales, estaremos obteniendo variedades sintéticas. Si utilizamos dos (a veces hasta cuatro) líneas puras escogidas no mezclando si no que no tengan más remedio que mezclarse entre sí produciendo siempre el mismo híbrido estaremos obteniendo variedades híbridas o híbridos comerciales (Cubero, 2003).

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. Materiales**

##### **2.1.1. Materiales de campo**

Plantones de sacha inchi, tutores muertos (Sinchinas), alambre galvanizado N° 12, grapas, winchas, paletas de marcación, palanas (para limpieza de terrenos), cavadoras, machetes, martillo, rastrillo, alicates, mochila fumigadora, sorbete, algodón, Hilo, tijera podadora, motohuadaña.

##### **2.1.2. Materiales de gabinete**

Computadora, libreta de apuntes, lapiceros, plumones, cámara digital, balanza analítica, vernier.

#### **2.2. Metodología**

##### **2.2.1. Ubicación del experimento**

El trabajo de investigación se desarrolló en el Centro Experimental Pucayacu del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicado en el Centro Poblado Bello Horizonte, a 7 Km de la ciudad de Tarapoto.

##### **Ubicación geográfica**

Longitud : 76° 17' 56,5''

Latitud : 06° 31' 38''

Altitud : 304 m.s.n.m

##### **Ubicación política**

Centro Poblado : Bello Horizonte

Distrito : Banda de Shilcayo

Provincia : San Martín

Región : San Martín

### 2.2.2. Tratamientos en estudio

En la presente investigación se trabajó con 6 líneas autofecundadas  $S_3$  de sachá inchi, desarrolladas en trabajos anteriores en el IIAP – San Martín. Estas líneas fueron sometidas a cruza directas y recíprocas controladas mediante un diseño de análisis dialélico. Producto de las cruza se obtendrán 30 híbrido (tratamientos) y cada tratamiento tendrá tres repeticiones.

**Tabla 2:**

*Tratamientos en estudio*

Tratamientos	Clave
<b>T1</b>	♂ L1 X L2 ♀
<b>T2</b>	♂ L1 X L4 ♀
<b>T3</b>	♂ L1 X L5 ♀
<b>T4</b>	♂ L1 X L6 ♀
<b>T5</b>	♂ L1 X L7 ♀
<b>T6</b>	♂ L2 X L1 ♀
<b>T7</b>	♂ L2 X L4 ♀
<b>T8</b>	♂ L2 X L5 ♀
<b>T9</b>	♂ L2 X L6 ♀
<b>T10</b>	♂ L2 X L7 ♀
<b>T11</b>	♂ L4 X L1 ♀
<b>T12</b>	♂ L4 X L2 ♀
<b>T13</b>	♂ L4 X L5 ♀
<b>T14</b>	♂ L4 X L6 ♀
<b>T15</b>	♂ L4 X L7 ♀
<b>T16</b>	♂ L5 X L1 ♀
<b>T17</b>	♂ L5 X L2 ♀
<b>T18</b>	♂ L5 X L4 ♀
<b>T19</b>	♂ L5 X L6 ♀
<b>T20</b>	♂ L5 X L7 ♀
<b>T21</b>	♂ L6 X L1 ♀
<b>T22</b>	♂ L6 X L2 ♀
<b>T23</b>	♂ L6 X L4 ♀
<b>T24</b>	♂ L6 X L6 ♀
<b>T25</b>	♂ L6 X L7 ♀
<b>T26</b>	♂ L7 X L1 ♀
<b>T27</b>	♂ L7 X L2 ♀
<b>T28</b>	♂ L7 X L4 ♀
<b>T29</b>	♂ L7 X L5 ♀
<b>T30</b>	♂ L7 X L6 ♀

### 2.2.3. Diseño Experimental

Para este experimento que tiene 30 tratamientos y cada tratamiento tres repeticiones, se empleó el diseño completamente al azar (DCA), ya que es un diseño que permite trabajar con un elevado número de tratamientos y porque las polinizaciones imitan a un invernadero en donde las condiciones son controladas, además todos los tratamientos tienen condiciones homogéneas y no tiene restricciones en cuanto a la aleatorización de las unidades experimentales.

Modelo Matemático:  $Y(ij) = \mu + \lambda_i + \xi(ij)$

Donde:

$Y_{ij}$ = Resultado de una unidad experimental

$\mu$ = Media general

$\lambda_i$ = Efecto del i-esimo.

$E_{ij}$ = Error experimental

### 2.2.4. Análisis Estadístico

Los datos fueron procesados mediante el análisis de varianza y sometidos a la prueba de DUNCAN (nivel de significancia de  $p < 0,05$ ) para determinar la naturaleza de las diferencias entre tratamientos. La significancia del diseño completamente al azar (DCA) se determinó con el valor observado en el cual se aplicó el tratamiento (Calzada, 1983).

**Tabla 3:**

*Anva del experimento*

Fuente de Variabilidad	Grado de Libertad
Tratamientos	$t-1= 29$
Error	$t(r-1)= 60$
<b>Total</b>	$rt - 1= 89$

**Donde:**

r = repeticiones

t = Tratamientos

### 2.2.5. Área del experimento

Las medidas del área experimental neta son de 12 x 90m. Lo que hace un total de 1080m<sup>2</sup>. Y el área experimental total es de 15 x 94m lo que hace un total de 1410m<sup>2</sup>. Esto con la finalidad de evitar en lo posible el efecto de bordes en las filas laterales.

### 2.2.6. Condiciones edafoclimáticas

El análisis físico-químico del suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), 25 de septiembre del 2012 con referencia número H.R.37090-068C-12 con clave B-I (B.), los resultados del análisis indican que se trata de un suelo de textura franco arenoso, de reacción ácida, con un contenido bajo de materia orgánica, bajo en nitrógeno, bajo contenido de fósforo y bajo en contenido de potasio y con un bajo porcentaje de saturación de bases.

**Tabla 4:**

***Resultados de Análisis físico-químico del suelo***

Muestra	Resultados	Interpretación	Método
Arena (%)	67	Fra-Are	Hidrómetro
Limo (%)	16		Hidrómetro
Arcilla (%)	17		Hidrómetro
Materia orgánica (%)	0.97	Bajo	Walkey y Black
Nitrógeno (%)	0.04	Bajo	(Estimado)
Fósforo (ppm)	6.6	Bajo	Olsen Modificado
Potasio (ppm)	45	Bajo	Absorción Atómica
PH	4.71	Acido	Potenciómetro
suma de bases ( meq/ 100g suelo)	3.67	Bajo	Absorcion

**Fuente:** Laboratorio de Suelos ICT (2012).



**Tabla 5:**

*Datos climáticos de Octubre del 2012 a Abril del 2013, correspondiente al periodo experimental*

Meses	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)	Horas Sol Día	Precipitación (mm)
	Mínima	Máxima	Media			
Junio	19,23	25,14	22,08	71,08	7,86	46,33
Julio	19,33	24,93	22,13	72,92	9,04	46,20
Agosto	19,17	26,68	22,92	66,52	8,00	56,25
Septiembre	19,36	26,20	22,78	70,63	7,70	130,95
Octubre	19,34	26,43	22,89	71,36	7,75	59,23

*Fuente: Estación Meteorológica MIP N° 310 (2008) SENAMHI*

### 2.2.7. Pedigrí y descripción de las seis líneas S<sub>3</sub> en estudio

#### **Línea 1:**

Accesión de procedencia: Pinto Recodo (Material genético transferido del Banco Nacional de Germoplasma del INIA. E.E.A “El Porvenir” – Tarapoto el 2007).

Hábito de crecimiento: Trepador.

Diámetro de cápsula: 4,43 cm.

Diámetro de semilla: 1,78 cm.

% de cáscara: 46,62.

% de semilla: 53,38.

Peso de 100 semillas: 97,61 g.

N° de Cosechas/Año: 24.

Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*: Baja a intermedia

Susceptibilidad al stress hídrico: Medianamente tolerante

Rendimiento al 1° año (kg/Ha/año): 1006.46

% de Aceite: PENDIENTE

#### **Línea 2:**

Accesión Procedencia: Shica (Material silvestre colectado en el Departamento de San Martín, Provincia de San Martín, Distrito de Tabalosos el 04/01/2007).

Hábito de crecimiento: Trepador.

Diámetro de cápsula: 4,38 cm.

Diámetro de semilla: 1,79 cm.

% de cáscara: 47,70.

% de semilla: 52,30.

Peso de 100 semillas: 93,16 g.

Nº de Cosechas/Año: 24

Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*: Intermedia

Susceptibilidad al stress hídrico: Medianamente tolerante

Rendimiento al 1º año (kg./Ha/año): 1,590.87

% de aceites tipo omegas:

% de Omega 3: 42.13

% de Omega 6: 39.28

% de Omega 9: 10.27

#### **Línea 4:**

Accesión procedencia: Chazuta (Material genético transferido del Banco Nacional de Germoplasma del INIA. E.E.A “El Porvenir” EL 2007).

Hábito de crecimiento: Trepador.

Diámetro de cápsula: 4,43 cm.

Diámetro de semilla: 1,78 cm.

% de cáscara: 47,53.

% de semilla: 52,47.

Peso de 100 semillas: 99,67 g.

Nº de Cosechas/Año: 24

Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*: Baja a intermedia

Susceptibilidad al stress hídrico: Medianamente tolerante

Rendimiento al 1º año (kg/Ha/año): 1,061.94

% de Aceite: PENDIENTE

#### **Línea 5:**

Accesión procedencia: Muyuy (Material genético transferido del Banco Nacional de Germoplasma del INIA. E.E.A “El Porvenir” EL 2007).

Hábito de crecimiento: Trepador.

Diámetro de cápsula: 4,37 cm.

Diámetro de semilla: 1,65 cm.

% de cáscara: 46,95.

% de semilla: 53,05.

Peso de 100 semillas: 81,86 g.

Nº de Cosechas/Año: 12

Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*: Baja a intermedia

Susceptibilidad al stress hídrico: Medianamente tolerante

Rendimiento al 1º año (kg/Ha/año): 1,366.59

% de Aceite: PENDIENTE

### **Línea 6:**

Accesión procedencia: Sauce (Material silvestre colectado en el Departamento de San Martín, Provincia de San Martín, Distrito de Sauce el 06/03/2007).

Hábito de crecimiento: Trepador.

Diámetro de cápsula: 4,41 cm.

Diámetro de semilla: 1,77 cm.

% de cáscara: 44,63.

% de semilla: 55,37.

Peso de 100 semillas: 98,41 g.

Nº de Cosechas/Año: 24

Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*: Medianamente Tolerante

Susceptibilidad al stress hídrico: Medianamente tolerante

Rendimiento al 1º año (kg/Ha/año): 1,383.00

% de Aceite tipo omegas: PENDIENTE

### **Línea 7:**

Accesión de procedencia: Cumbaza (Material genético transferido del Banco Nacional de Germoplasma del INIA. E.E.A “El Porvenir” EL 2007).

Hábito de crecimiento: Trepador.

Diámetro de cápsula: 4,47 cm

Diámetro de semilla: 1,75 cm.

% de cáscara: 48,77.

% de semilla: 51,23.

Peso de 100 semillas: 91,09 g.

Nº de Cosechas/Año: 24

Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*: Alta muy alta  
Susceptibilidad al stress hídrico: Medianamente tolerante  
Rendimiento al 1º año (kg/Ha/año): 1,447.22  
% de Aceite tipo omegas:  
% de Omega 3: 42,31  
% de Omega 6: 37.82  
% de Omega 9: 11.

### **2.3. Ejecución del experimento**

#### **2.3.1. Identificación y selección de las líneas autofecundadas S<sub>3</sub> de sachá Inchi.**

La selección de las 6 líneas autofecundadas de sachá inchi se realizó del banco de germoplasma del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP San Martín considerando los registros de evaluación de los últimos años en cuanto a su producción, contenido de aceites y tolerancia al complejo hongo-nemátodo. Estas líneas autofecundadas S<sub>3</sub> se obtuvieron a través del proyecto “Obtención de líneas mejoradas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), a partir de material genético con altos rendimientos y contenidos de omega 3 y omega 6” financiado por INCAGRO.

#### **2.3.2. Siembra en vivero de las líneas autofecundadas S<sub>3</sub> de sachá inchi**

Las semillas de las 6 líneas autofecundadas S<sub>3</sub> de sachá inchi se sembraron en bolsas almacigueras de medio kilo empleando un sustrato que contiene 50 % de tierra agrícola, 25 % de arena y 25 % de humus de lombriz. La aplicación de riego se realizó 2 veces por semana y la aplicación de fungicida se realizó a los 7 y 21 días después de la siembra.

#### **2.3.3. Instalación del sistema de tutoraje en espalderas**

Para la instalación del sistema de tutoraje en espalderas se colocaron las sinchinas a una distancia de 3 metros entre surcos y 6 metros entre plantas, con la ayuda de cordeles tanto para la inclinación horizontal y vertical. Se colocó brea en la zona donde se enterró el poste para evitar su deterioro por efectos de humedad, termitas y otros. El primer y último poste de cada hilera tiene una inclinación de 45° con la superficie del suelo y se colocaron en forma opuesta, estos postes son llamados templadores. Se colocó el anclaje a 2 metros de distancia de los templadores, luego

se colocaron los alambres a razón de 3 líneas por fila, siendo estos tensados. La primera línea de alambre se colocó a 10 cm del ápice del poste, la segunda fila a 70 cm de la primera fila y la tercera a 70 cm de la segunda fila, quedando a una altura de 80 cm de la superficie del suelo.



*Figura 1: Instalación de los sistemas de tutorajes*

#### **2.3.4. Instalación de la parcela experimental para la hibridación intraespecífica entre 6 líneas autofecundadas S<sub>3</sub> de sachá inchi**

Para la formación de híbridos intraespecíficos, se realizó todos los cruzamientos posibles entre el grupo de 6 líneas S<sub>3</sub>. Al cruzar las 6 líneas autofecundadas se produjeron 15 cruza simples directas y 15 cruza simples recíprocas. La distribución estuvo constituida por 25 plantas de una misma línea. En cada cruza directa se emplearon 5 plantas de una línea considerada como macho y 5 plantas de otra línea considerada como hembra, estas mismas plantas se emplearon en las cruza recíprocas. Estas líneas están distribuidas sistemáticamente una después de otra con un distanciamiento de 3 metros entre plantas y 3 metros entre hileras. En la siembra de las líneas autofecundadas en cada hoyo se colocó 5 Kg de humus de lombriz. El trasplante se realizó después de 45 días después del almacigado, a la mañana siguiente de un día de lluvia. Previo a la instalación de los plantones se realizó un análisis de suelos y un análisis nematológico para saber las condiciones de nuestro campo experimental.

#### **2.3.5. Manejo agronómico**

##### **Recalce**

Se realizó luego del trasplante, remplazando las plantas que no habían prendido por otra de la misma línea.

**Riego**

El primer riego se realizó inmediatamente después del trasplante, para asegurar el prendimiento de los plantones, luego se realizó cuando el cultivo lo requería siempre manteniendo en lo posible a capacidad de campo para evitar el estrés de las planta por deficiencia hídrica.

**Deshierbo**

Se realizó en forma manual utilizando palas y/o machete, esto se llevó a cabo cada 2 meses.

**Fertilización**

Se realizó la aplicación de Compomaster 20-20-20 a razón de 100 gramos por planta fraccionado en dos partes, al inicio de formación de guías (40%) e inicio de formación de fruto (60%). Para la aplicación se realizó un hoyo en forma de media luna en el suelo a aproximadamente 20 cm de la base de la planta, se aplicó el fertilizante y luego se cubrió con tierra. La aplicación se realizó a la mañana siguiente de un día de lluvia.

**Poda**

Cuando la planta tuvo sus primeras guías se realizó la primera poda, siendo esta de formación, se dejó la guía principal y una guía lateral para la cual se utilizó dos hilos dándole la forma de una "Y".

**2.3.6. Polinización controlada**

Cuando las plantas de las 6 líneas en estudio presentaron el 75 % de flores estaminadas y pistiladas se inició el proceso de polinización controlada entre las líneas autofecundadas empleando el método del sorbete. Este método fue desarrollado en las instalaciones del IIAP San Martín por Noriega (2009) y consiste en la recolección del polen en un fragmento de sorbete (8 cm x 5mm), que está cerrado a un extremo y abierto al otro extremo, que logra alojar internamente a la estructura de la flor femenina, asegurando así la polinización controlada.

Se identificó a los parentales con la ayuda de un marcador. Para la preparación de las plantas femeninas se emasculó las plantas seleccionadas (para evitar la auto

polinización), el cruzamiento se realizó en horas de la mañana (7 am a 11 am) cuando la flor pistilada se encontraba apta para recibir el polen. Se colectó el polen en el sorbete anteriormente descrito a razón de 10 a 15 botones florales, luego se procedió a cubrir la flor femenina con el sorbete, teniendo mucho cuidado a fin de evitar lesionarla, posteriormente se colocó algodón en la base del sorbete para evitar la contaminación con polen extraño.

Después del proceso se procedió a etiquetar la flor polinizada, indicando el nombre de los parentales, la fecha de polinización y el nombre del polinizador. Después de 7 días se evaluó el porcentaje de fecundación. Se realizó una segunda evaluación 28 días después de la polinización.



Figura 2: Emasculación



Figura 3: Recolección de polen



Figura 4: Polinización con sorbete



Figura 8: Cosecha



Figura 5: Puesta de algodón



Figura 7: Fruto

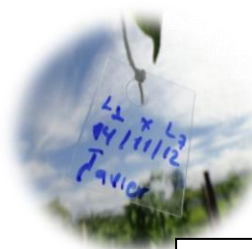


Figura 6: Etiquetado

## **2.4. Variables de evaluación**

Aproximadamente cuatro meses después de realizar los cruzamientos, se procedió a la cosecha de los frutos, cuando estos tuvieron una coloración marrón-oscuro. Para la evaluación se tuvo en cuenta las siguientes variables:

### **2.4.1. Porcentaje de fecundación**

Se determinó al finalizar las tres cosechas, para lo cual se promediaron los porcentajes de fecundación de cada repetición en cada tratamiento.

### **2.4.2. Peso de cápsula (g)**

Se evaluó después de cada cosecha con la ayuda de una balanza electrónica, en la cual se pesó cápsula por cápsula debidamente identificada por repetición y por tratamiento.

### **2.4.3. Diámetro de cápsula (mm)**

Después de la recolección se midió con la ayuda de un vernier el diámetro de todas las cápsulas recolectadas separadas por repetición y por tratamiento.

### **2.4.4. Espesor de cápsula (mm)**

Se realizó con la ayuda de un vernier, se midió el espesor de todas las cápsulas recolectadas separadas por repetición y por tratamiento.

### **2.4.5. Número de semillas por cápsula**

Se contabilizó el número de semillas por cápsula cosechada, luego se sacó un promedio por repetición y por tratamiento.

### **2.4.6. Peso de semillas por cápsula (g)**

Se determinó pesando las semillas de cada cápsula cosechada separada por repetición y por tratamiento.

### **2.4.7. Peso de cáscara por cápsula (g)**

Se evaluó pesando la cáscara de cada cápsula que ya ha sido retirado su semilla, separado por cada repetición y por tratamiento.



**2.4.8. Diámetro de semilla (mm)**

Se determinó con la ayuda de un vernier, se midió el diámetro de cada semilla obtenida separada debidamente por repetición y por tratamiento.

**2.4.9. Espesor de la semilla (mm)**

Se realizó con la ayuda de un vernier, se midió el espesor de cada semilla obtenida separada debidamente por repetición y por tratamiento.

**2.4.10. Peso de 100 semillas por tratamiento (g)**

Se determinó después de recolectar todos los frutos fecundados a través de la polinización controlada cogiendo al azar 50 semillas de cada tratamiento para determinar su peso por línea.

**2.4.11. Porcentaje de germinación de los híbridos obtenidos**

Después de obtener todos las semillas híbridos posibles se hizo una prueba de germinación estas fueron sembradas en bolsas almacigueras de medio kilo empleando un sustrato que contiene 50 % de tierra agrícola, 25 % de arena y 25 % de humus de lombriz. La aplicación de riego se realizó 2 veces por semana y la aplicación de fungicida se realizó a los 7 y 21 días después de la siembra.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

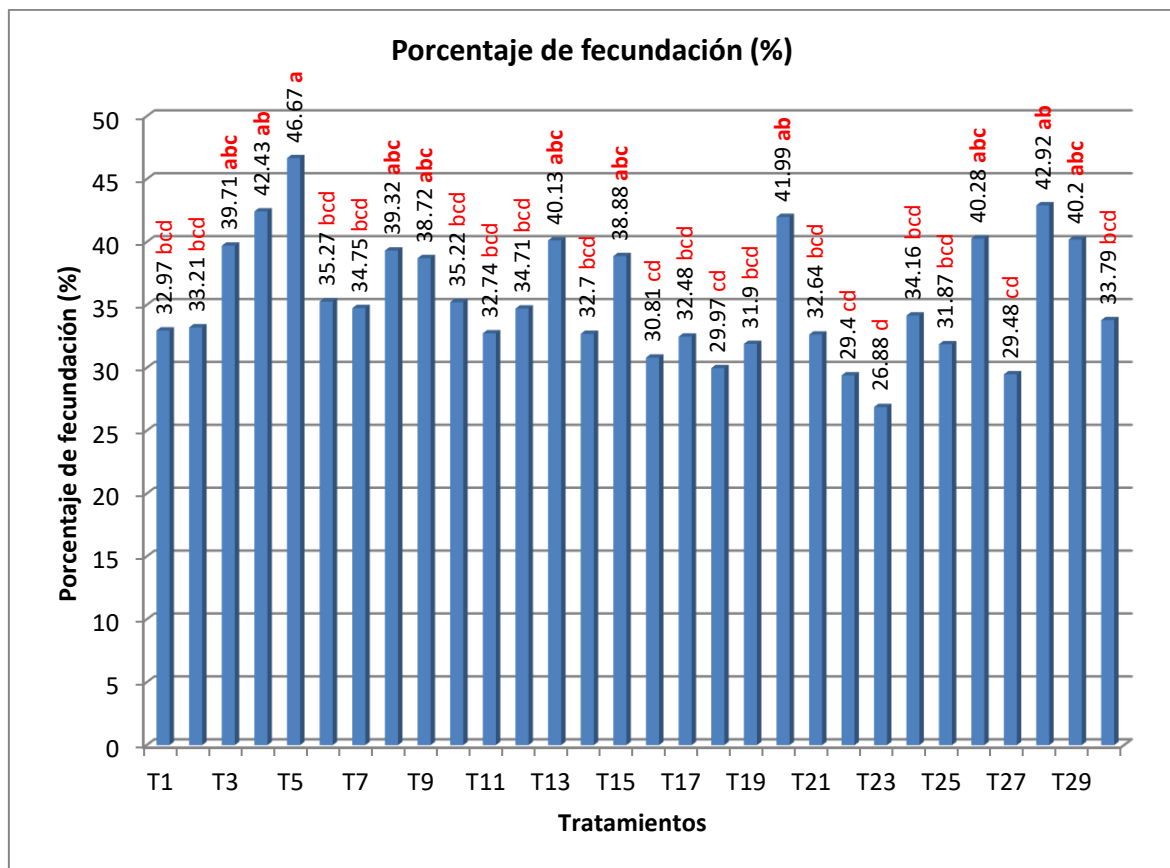
#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Porcentaje de fecundación

**Tabla 6:**

*Análisis de varianza para el porcentaje de fecundación.*

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F calc
Tratamientos	29	0.22076556	0.00761261	2.20 **
Error	60	0.20793333	0.00346556	
Total	89	0.42869889		
C.V.	9.23 %			
R <sup>2</sup>	51 %			



\* Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para  $p < 0.05$  (Notación Duncan).

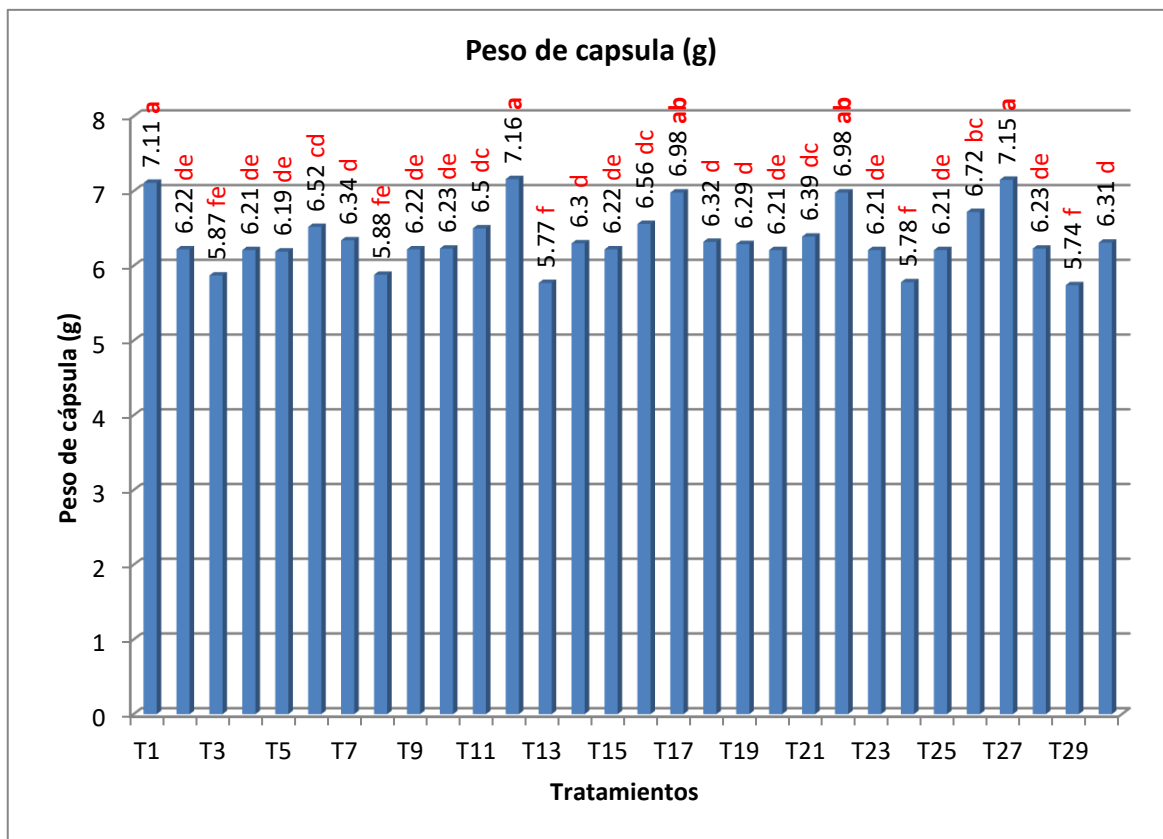
Figura 9: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al porcentaje de fecundación.

### 3.1.2. Peso de cápsula

**Tabla 7:**

*Análisis de varianza para el peso de cápsula.*

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F calc
Tratamientos	29	13.69075556	0.47209502	12.90**
Error	60	2.19593333	0.03659889	
Total	89	15.88668889		
C.V.	3.01 %			
R <sup>2</sup>	86.18 %			



\* Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para  $p < 0.05$  (Notación Duncan).

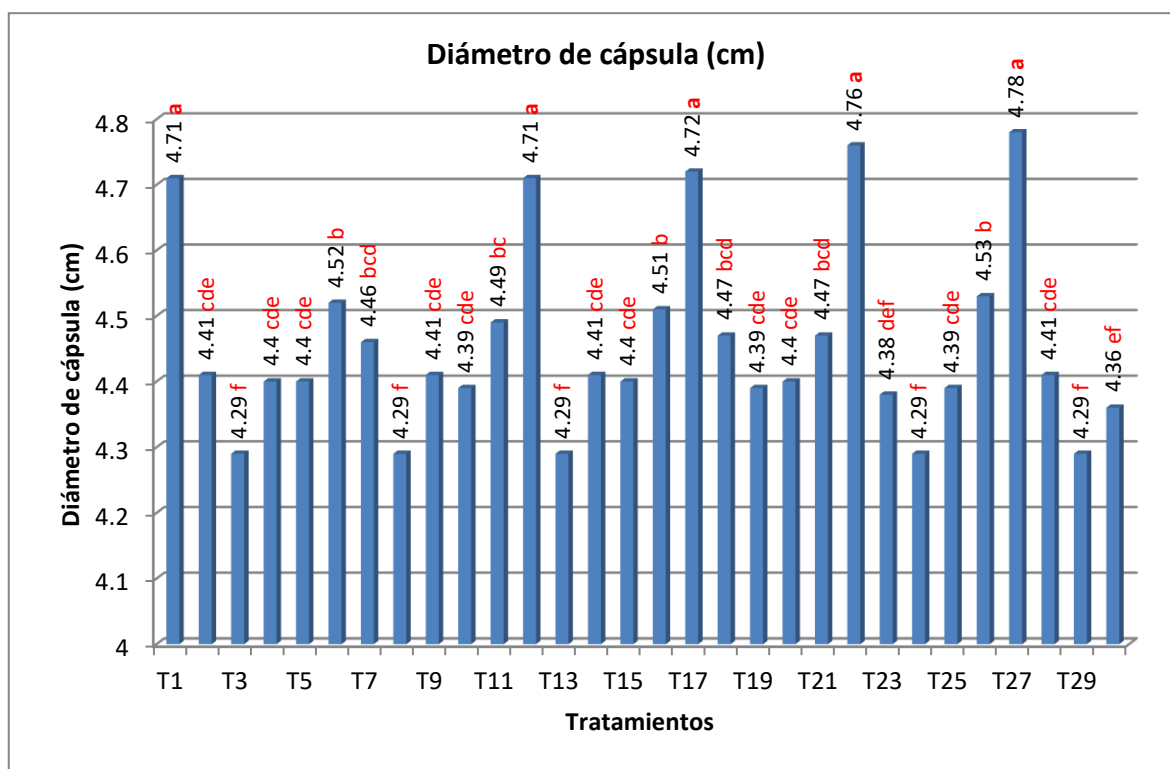
Figura 10: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de cápsula

### 3.1.3. Diámetro de cápsula

**Tabla 8:**

*Análisis de varianza para el diámetro de cápsula.*

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F calc
Tratamientos	29	1.78455556	0.06153640	24.13**
Error	60	0.153	0.00255	
Total	89	1.93755556		
C.V.	1.13 %			
R <sup>2</sup>	92 %			



\* Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para  $p < 0.05$  (Notación Duncan).

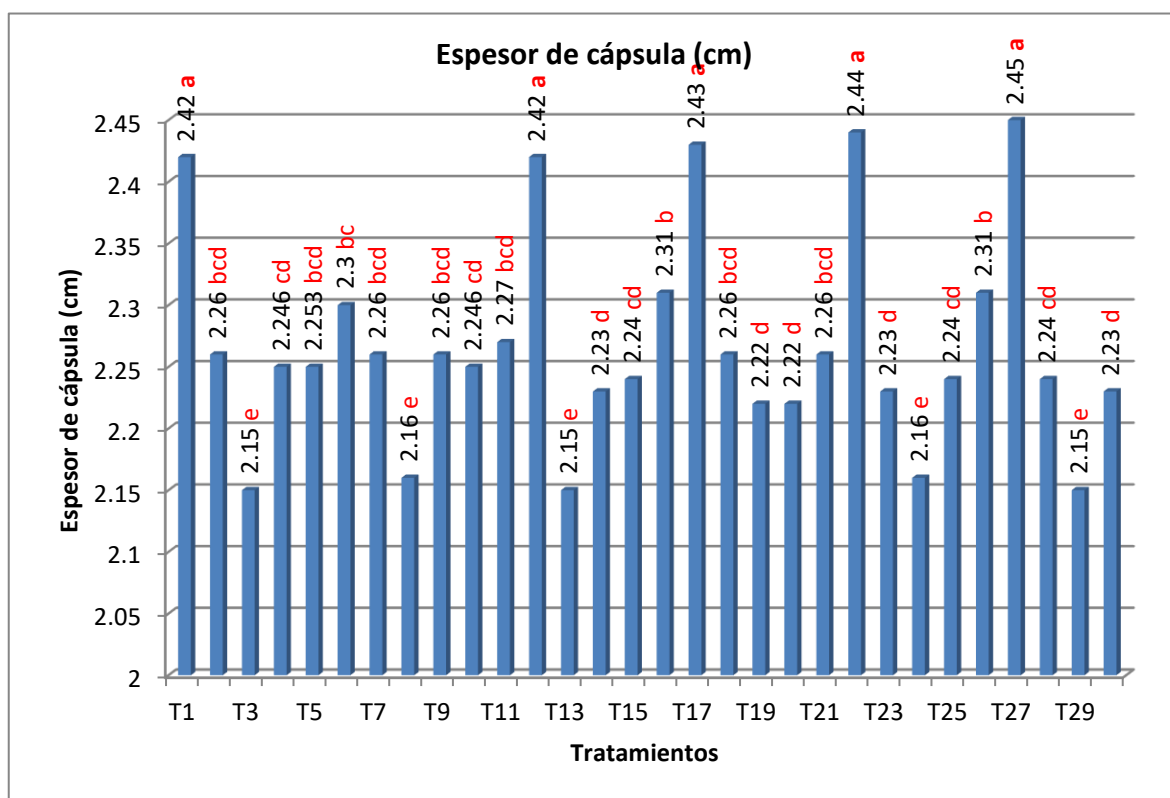
Figura 11: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al diámetro de cápsula.

### 3.1.4. Espesor de cápsula

**Tabla 9:**

*Análisis de varianza para el espesor de cápsula.*

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F calc
Tratamientos	29	0.64449889	0.02222410	21.42**
Error	60	0.06226667	0.00101778	
Total	89	0.70676556		
C.V.	1.42 %			
R <sup>2</sup>	91.2 %			



\* Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para  $p < 0.05$  (Notación Duncan).

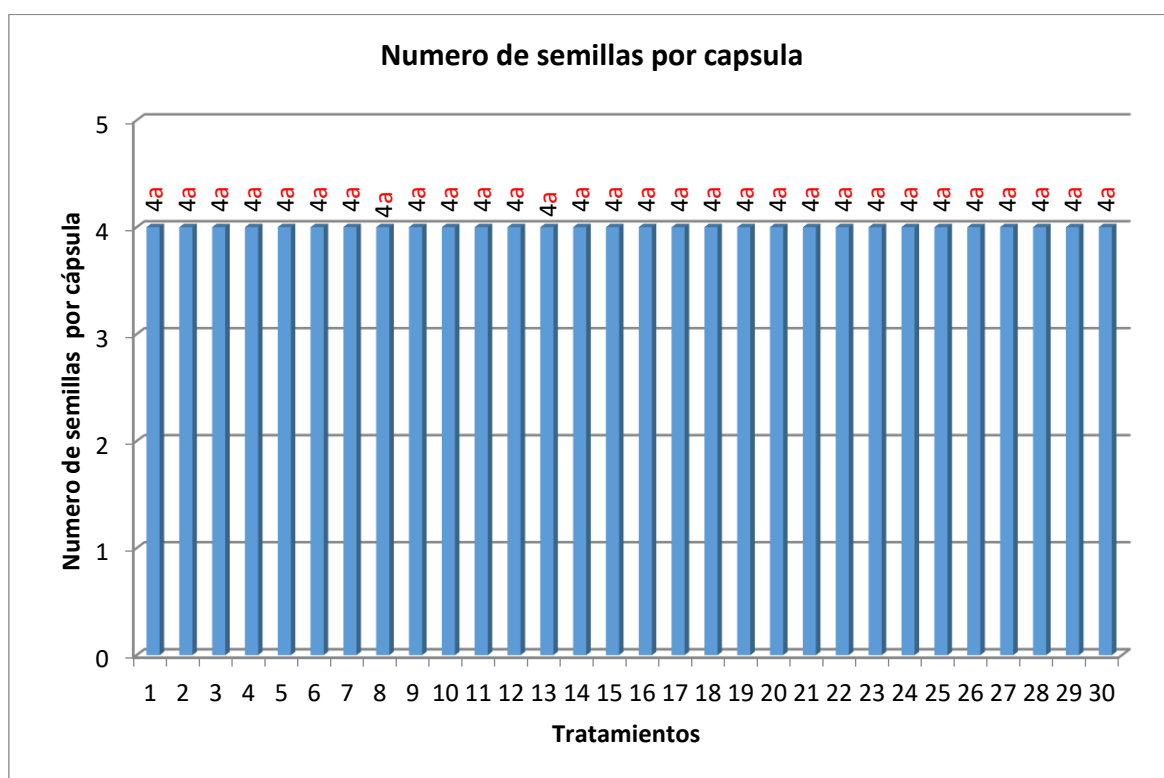
Figura 12: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al espesor de cápsula.

### 3.1.5. Número de semillas por cápsula

**Tabla 10:**

*Análisis de varianza para el número de semillas por cápsula.*

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F calc
Tratamientos	29	0	0	0**
Error	60	0	0	
Total	89	0		
C.V.	0.00%			
R <sup>2</sup>	0.00%			



\* Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para  $p < 0.05$  (Notación Duncan).

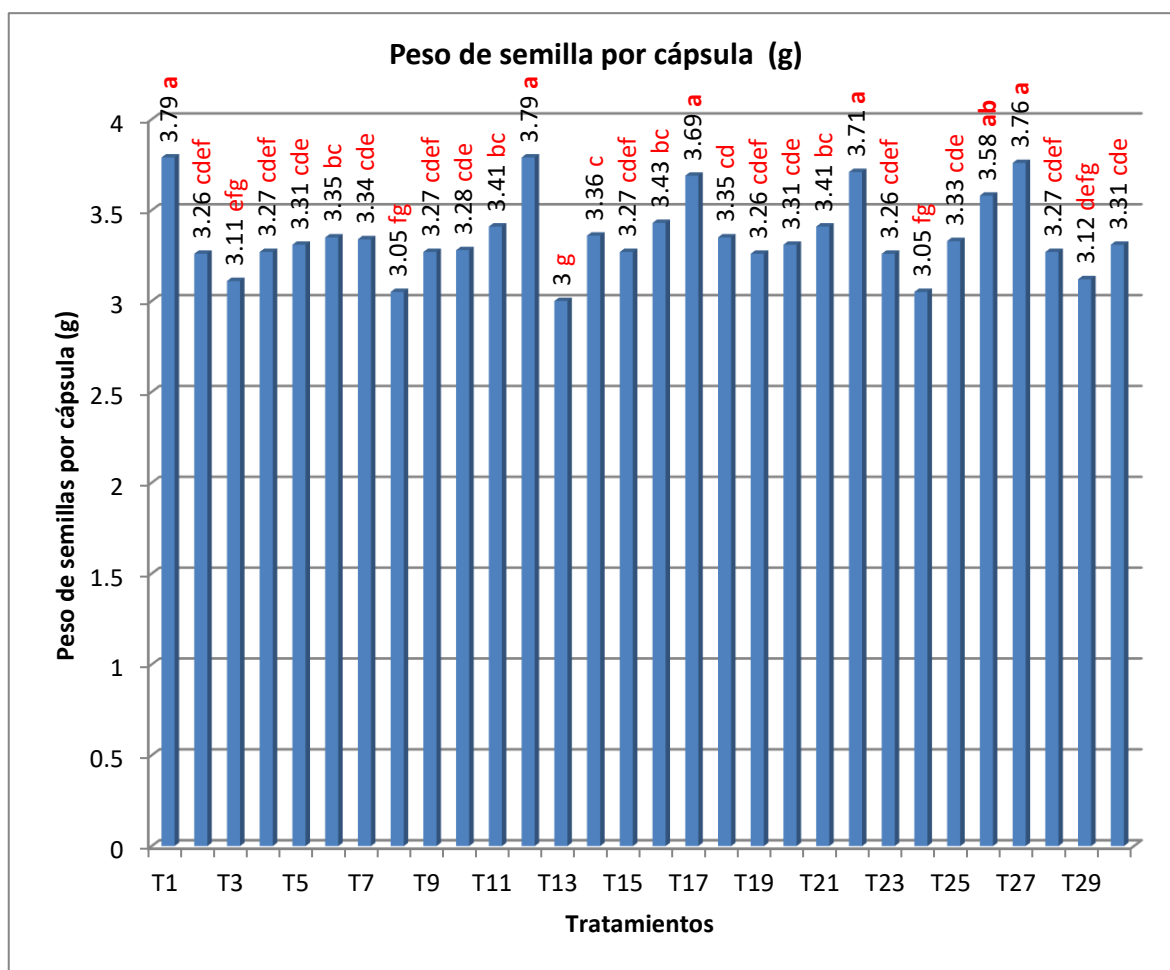
Figura 13: Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para tratamientos correspondiente al número de semillas por cápsula.

### 3.1.6. Peso de semillas por cápsula

**Tabla 11:**

*Análisis de varianza para el peso de semillas por cápsula.*

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F calc
Tratamientos	29	4.04198222	0.1393787	10.27**
Error	60	0.8146	0.01357667	
Total	89	4.85658222		
C.V.	3.47 %			
R <sup>2</sup>	83.23 %			



\* Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para  $p < 0.05$  (Notación Duncan).

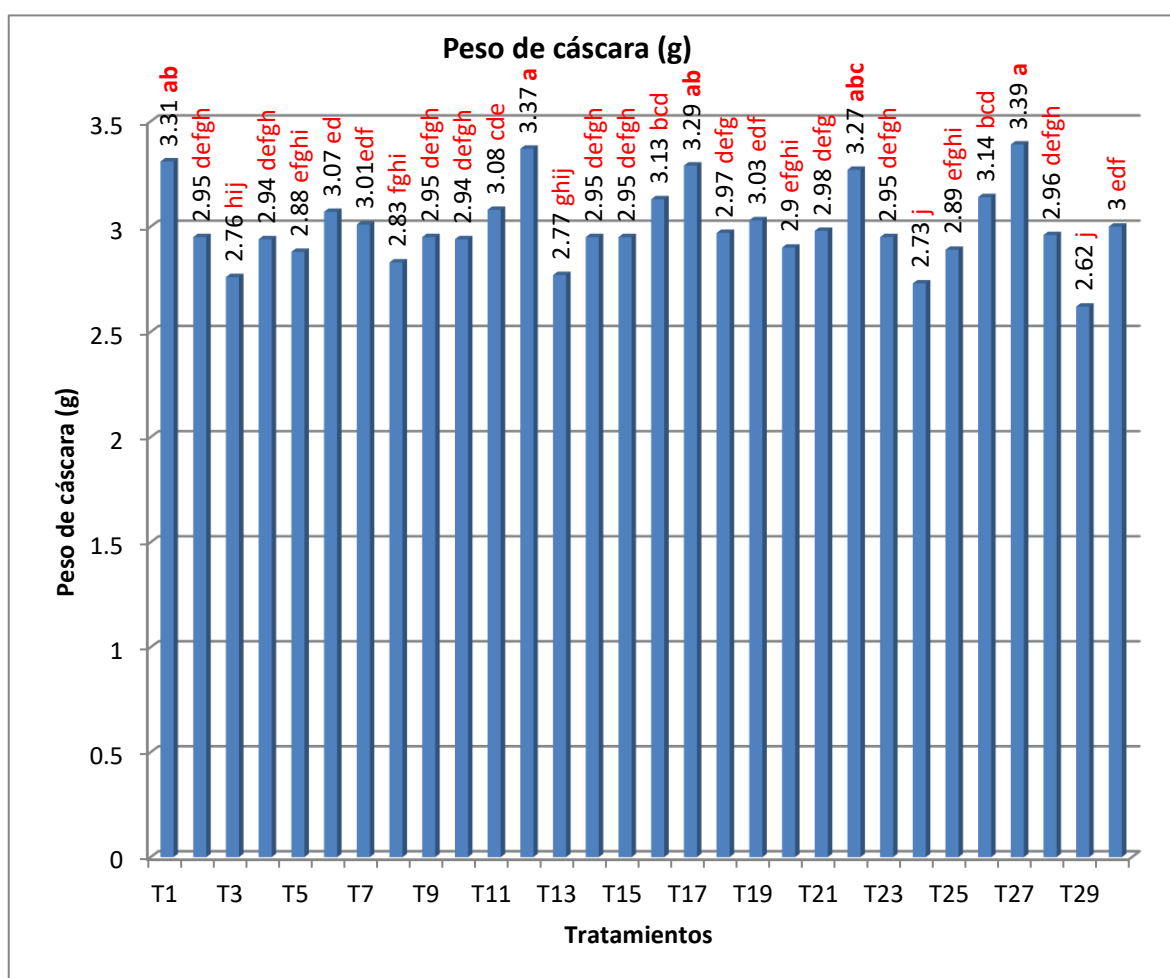
Figura 14: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de semillas por cápsula.

### 3.1.7. Peso de cáscara

Tabla 12:

*Análisis de varianza para el peso de cáscara.*

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F calc
Tratamientos	29	3.02256	0.10422621	8.87**
Error	60	0.7052	0.01175333	
Total	89	3.72776		
C.V.	3.61 %			
R <sup>2</sup>	81.08 %			



\* Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para  $p < 0.05$  (Notación Duncan).

Figura 15: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de cáscara

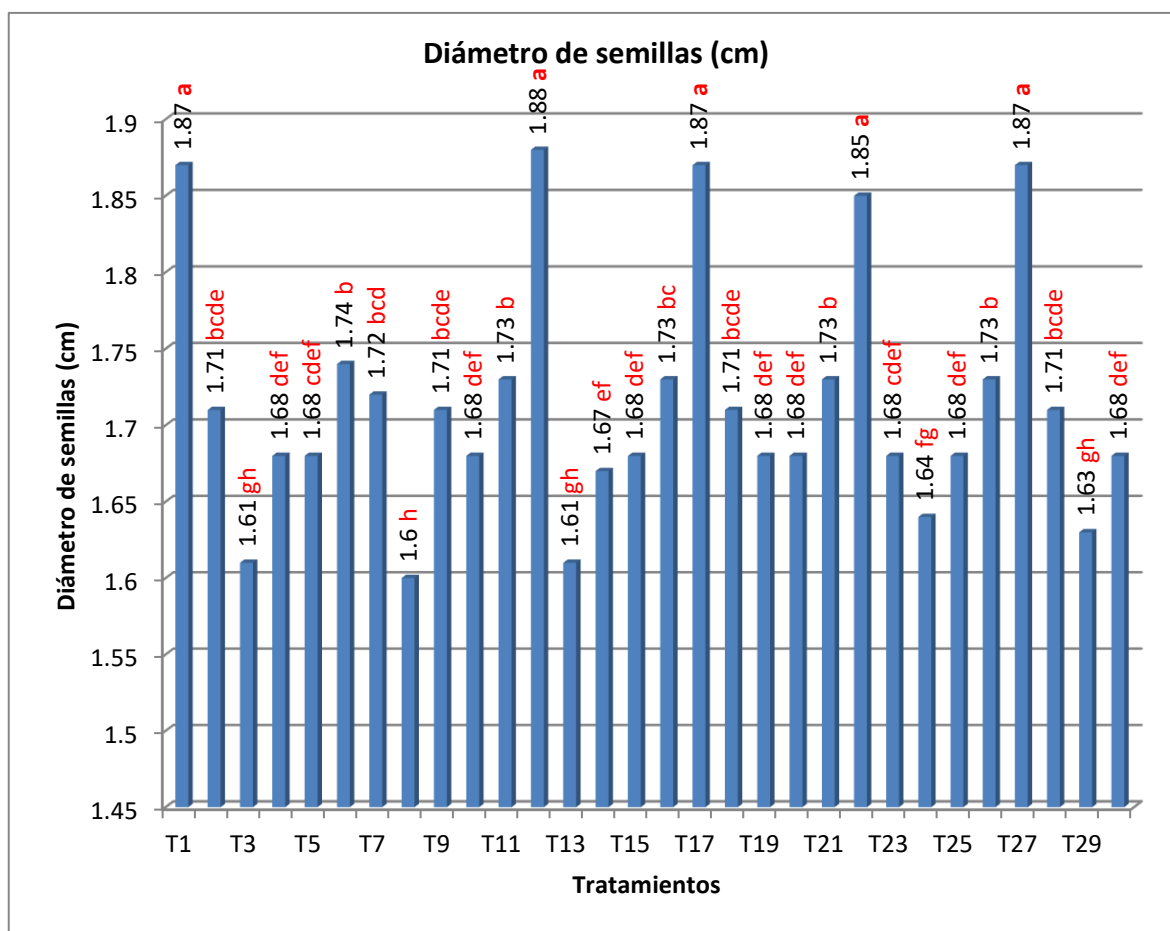


### 3.1.8. Diámetro de semillas

**Tabla 13:**

*Análisis de varianza para el diámetro de semillas.*

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F calc
Tratamientos	29	0.54377889	0.018751	33.82**
Error	60	0.03326667	0.00055444	
Total	89	0.5770.4556		
C.V.	1.37 %			
R <sup>2</sup>	94.24 %			



\* Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para  $p < 0.05$  (Notación Duncan).

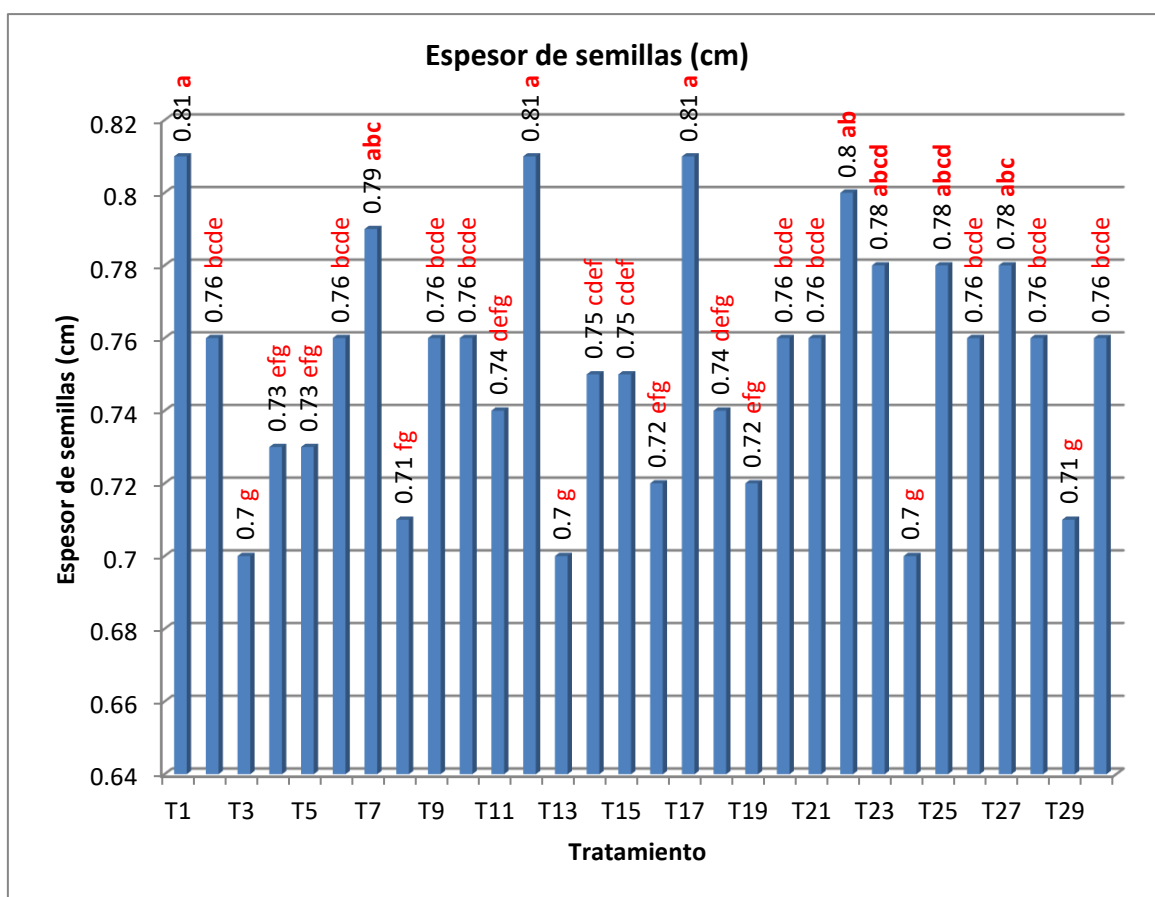
Figura 16: Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para tratamientos correspondiente al diámetro de semillas

### 3.1.9. Espesor de semillas

**Tabla 14:**

*Análisis de varianza para el espesor de semillas.*

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F calc
Tratamientos	29	0.09154333	0.00315667	6.3**
Error	60	0.03006667	0.00050111	
Total	89	0.12161		
C.V.	2.98 %			
R <sup>2</sup>	75.28 %			



\* Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para  $p < 0.05$  (Notación Duncan).

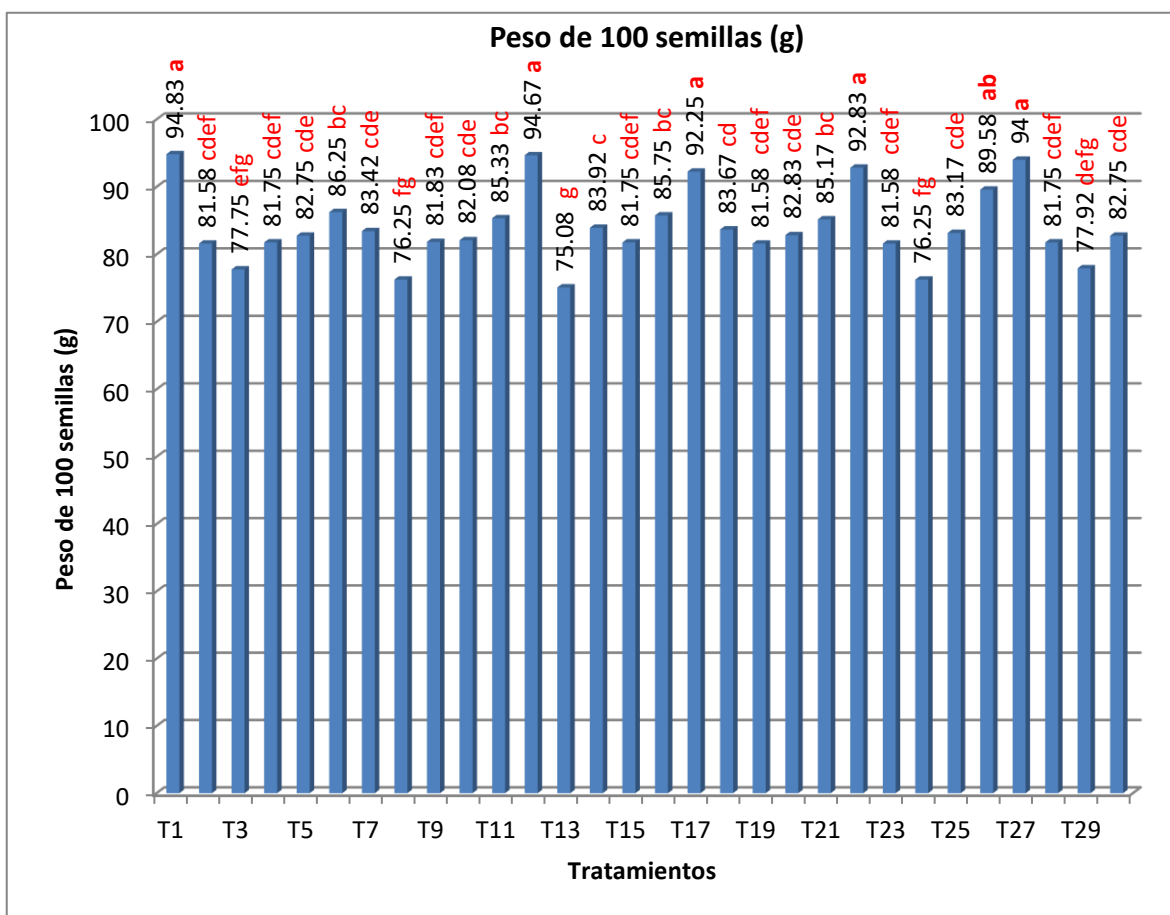
Figura 17: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al espesor de semillas

### 3.1.10. Peso de 100 semillas

**Tabla 15:**

*Análisis de varianza para el peso de 100 semillas.*

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F calc
Tratamientos	29	2526.238889	87.111686	10.27**
Error	60	509.125	8.485417	
Total	89	3035.363889		
C.V.	3.47 %			
R <sup>2</sup>	83.23 %			



\* Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para  $p < 0.05$  (Notación Duncan).

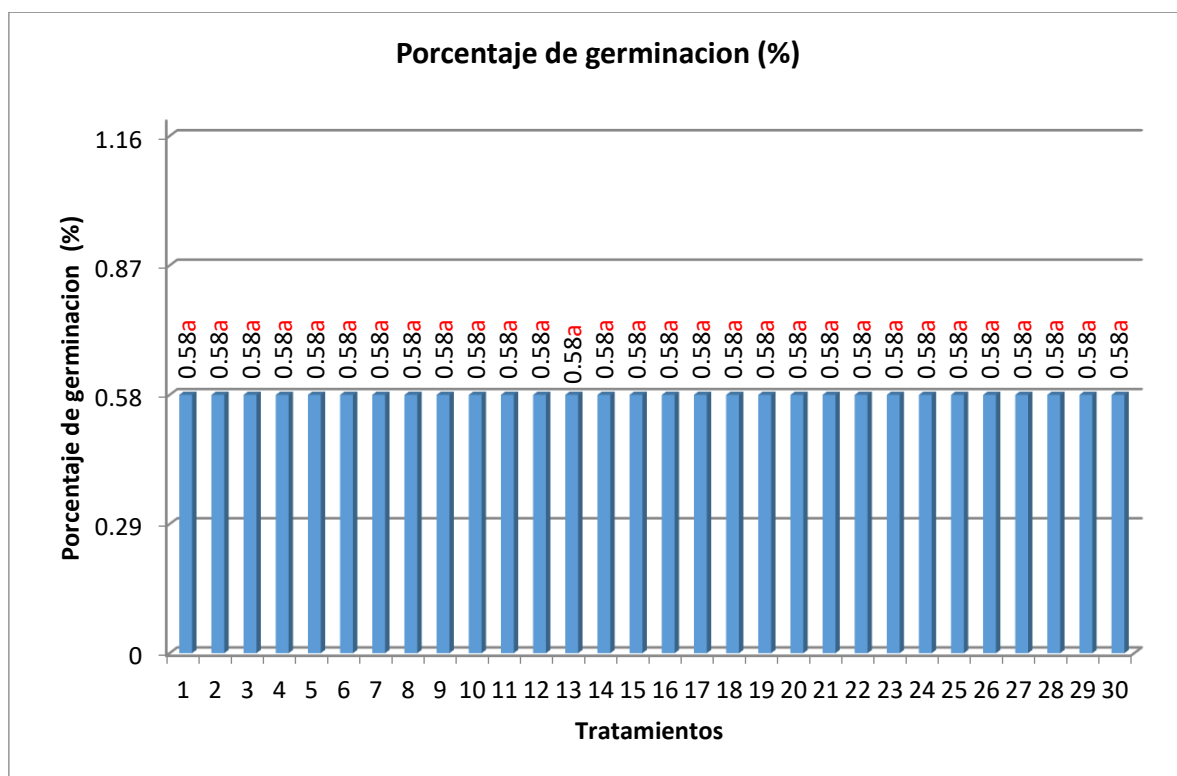
Figura 18: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de 100 semillas

### 3.1.11. Porcentaje de germinación de los híbridos obtenidos

**Tabla 16:**

*Análisis de varianza para el Porcentaje de germinación de los híbridos obtenidos.*

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F calc
Tratamientos	29	0	0	0**
Error	60	0	0	
Total	89	0		
C.V.	0.00%			
R <sup>2</sup>	0.00%			



\* Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para  $p < 0.05$  (Notación Duncan).

Figura 19: Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al Porcentaje de germinación

## 3.2. Discusión

### 3.2.1. Porcentaje de fecundación

El porcentaje de fecundación nos permite determinar la compatibilidad sexual entre las líneas autofecundadas S3 de sachá inchi, la efectividad de la técnica de polinización empleada y la posibilidad de emplearlo en programas de mejoramiento genético.

En la tabla 6 del Análisis de Varianza y la figura 9 de la prueba de DUNCAN, se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, es decir que al menos un tratamiento difiere de otro en el estudio realizado. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 9.23 %, resultado que se encuentra dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos realizados en campo según Calzada (1982). El coeficiente de determinación fue 51 % indicando que la variación en las respuestas de los distintos tratamientos se debió a los efectos de consanguinidad, condiciones ambientales de invernadero y a efectos mecánicos pero no a las diferencias en grado de compatibilidad sexual intraespecífica entre las líneas autofecundadas S3 de sachá inchi empleadas.

Los tratamientos T3, T4, T5, T8, T9, T13, T15, T20, T26, T28 y T29 son estadísticamente diferentes y superiores en comparación al resto de los tratamientos, siendo T5 con 46.67 % el tratamiento numéricamente superior (figura 9). Noriega (2009) evaluó la compatibilidad sexual de 5 ecotipos de sachá inchi en la región San Martín y determinó que empleando el método del sorbete se puede lograr obtener 90.7 % de fecundación. Es importante mencionar que Noriega (2009) trabajó con ecotipos mientras que el presente trabajo se empleó líneas autofecundadas S3 y la consanguinidad, producto de las autofecundaciones sucesivas va asociado a una disminución general en vigor del organismo que afecta caracteres fisiológicos, morfológicos y reproductivos (Cubero, 2003). Esto puede explicar la disminución del porcentaje de fecundación obtenidos en el presente trabajo, considerando que se empleó la técnica del sorbete recomendado por Noriega (2009) para trabajos de hibridación intraespecífica en sachá inchi.

Luego de determinar las líneas autofecundadas que al ser cruzadas permitan obtener el híbrido de mejor comportamiento en campo, estas pueden ser aisladas y sembradas de forma tal que la línea que actúe como progenitor femenino será emasculada en la totalidad de sus flores y la línea que actúa como progenitor masculino polinizará a estas plantas. Los frutos cosechados del progenitor femenino nos proporcionarán las semillas híbridas. Esta metodología nos permitirá incrementar el porcentaje de fecundación.

Los resultados nos permiten confirmar los resultados obtenidos por Cachique (2006) quien menciona que el *sacha inchi* presenta polinización cruzada.

### **3.2.2. Peso de cápsula**

El peso de cápsulas es una variable que está influenciado por factores genéticos, condiciones edafoclimáticas y provisión adecuada de nutrientes. En la tabla 7 del Análisis de Varianza y figura 10 de la prueba de DUNCAN, se observan diferencias estadísticas entre los tratamientos, es decir que al menos un tratamiento difiere de otro. El coeficiente de variabilidad es igual a 3.01 %, valor aceptable para los trabajos realizados en campo (Calzada, 1982). El coeficiente de determinación fue igual a 86.18 %, indicando que la variación en las respuestas de los distintos tratamientos se debió a factores genéticos de las líneas autofecundadas S3 con las que se trabajó, dado que las condiciones edafoclimáticas y nutricionales fueron los mismos para todas las líneas autofecundadas.

Los tratamientos T1, T12, T17, T22 y T27 son estadísticamente superiores al resto de tratamientos en estudio y estos tratamientos tienen a la línea autofecundada L2 como progenitor femenino. Los tratamientos T3, T8, T13, T24 y T29 son estadísticamente inferiores al resto de tratamientos en estudio y estos tratamientos tienen a la línea autofecundada L5 como progenitor femenino (figura 10). Se puede observar un fuerte efecto de la línea que actúa como progenitor femenino en el peso de cápsula, pero eso no es indicador del comportamiento en campo de los híbridos obtenidos.

Noriega (2009) obtuvo cápsula de 8.37 gramos al cruzar los ecotipos Tununtunumba (progenitor masculino) x Zungarococha (progenitor femenino). En

este estudio el cruce de las líneas autofecundadas L4 (progenitor masculino) x L2 (progenitor femenino) nos permitió obtener cápsulas de 7.16 gramos y se espera que los frutos de estos híbridos incrementen el peso de cápsula en la primera cosecha gracias al vigor híbrido o heterosis, que puede definirse como el aumento en la expresión de ciertos caracteres que surge tras el cruzamiento entre especies, variedades o líneas puras (Cubero, 2003).

### **3.2.3. Diámetro de cápsula**

El diámetro de cápsulas es una variable que también está influenciado por factores genéticos, condiciones edafoclimáticas y provisión adecuada de nutrientes. En la tabla 8 del Análisis de Varianza y figura 11 de la prueba de DUNCAN, se observan diferencias estadísticas significativas. El coeficiente de variación es igual a 1.13 %, valor aceptable para los trabajos realizados en campo (Calzada, 1982). El coeficiente de determinación fue igual a 92 %, indicando que la variación en las respuestas se debió al genotipo de las líneas autofecundadas que fueron hibridados en este estudio.

En esta variable nuevamente los tratamientos T1, T12, T17, T22 y T27 que tienen a la línea autofecundada L2 como progenitor femenino son estadísticamente diferentes al resto de tratamientos y numéricamente superiores. Los tratamientos T3, T8, T13, T24 y T29 son estadísticamente inferiores al resto de tratamientos en estudio y estos tratamientos tienen a la línea autofecundada L5 como progenitor femenino (figura 11).

Se observa un fuerte efecto de la línea que actúa como progenitor femenino en el diámetro final de la cápsula con semillas híbridas obtenida. Noriega (2009) al cruzar 4 ecotipos de sachá inchi también concluyó que existe una fuerte dominancia de caracteres genéticos por parte del progenitor femenino.

### **3.2.4. Espesor de cápsula**

En la tabla 9 del Análisis de Varianza y figura 12 de la prueba de DUNCAN, se observan diferencias estadísticas significativas. El coeficiente de variación es igual a 1.42 %, valor aceptable para los trabajos realizados en campo (Calzada, 1982). El coeficiente de determinación es 91.2 %, que significa que las diferencias

estadísticas en las respuestas de los distintos tratamientos se debe a la constitución genética de los parentales.

Nuevamente al igual que en el diámetro de cápsulas los tratamientos T1, T12, T17, T22 y T27 que tienen a la línea autofecundada L2 como progenitor femenino son estadísticamente diferentes y superiores al resto de tratamientos en espesor de cápsulas. Los tratamientos T3, T8, T13, T24 y T29 son estadísticamente inferiores al resto de tratamientos en estudio y estos tratamientos tienen a la línea autofecundada L5 como progenitor femenino (figura 12). Se observa una fuerte dominancia de caracteres genéticos por parte del progenitor femenino.

### **3.2.5. Número de semillas por cápsula**

En la tabla 10 del Análisis de Varianza y figura 13 de la prueba de DUNCAN, muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, es decir que todas las cápsulas de todos los tratamientos tienen igual número de semillas (tetralobados). El coeficiente de variabilidad fue de 0 % y se encuentra dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos realizados en condiciones de campo según Calzada (1982). El coeficiente de determinación fue de 0 % este resultado puede ser atribuido a las características genéticas del material vegetal en estudio ya que se ha logrado una buena recombinación genética entre progenitores (Hoopingarner y Waller 1993).

### **3.2.6. Peso de semillas por cápsula**

El peso de semillas es una variable que está asociado al rendimiento de semillas híbridas por planta y por parcela y nos permitirá estimar el área adecuada de siembra para obtener una cantidad deseada de semilla híbrida. Está influenciado por factores genéticos, condiciones edafoclimáticas y adecuado balance de nutrientes. También es necesaria una oportuna limpieza de malezas y un correcto control fitosanitario.

En la tabla 11 del Análisis de Varianza y figura 14 de la prueba de DUNCAN, se observan diferencias significativas estadísticas entre los tratamientos, por lo tanto al menos uno de los tratamientos es diferente en el análisis. El coeficiente de variabilidad es igual a 3.47 % y se encuentra dentro del rango aceptable para los



trabajos realizados en condiciones de campo (Calzada, 1982). El coeficiente de determinación resultó igual a 83.23 %, es decir que la variación en la respuestas de los tratamientos se debe al genotipo de las líneas autofecundadas S3 con las que se trabajó.

Los tratamientos T1, T12, T17, T22 y T27 son estadísticamente superiores frente al resto de tratamientos en estudio y estos tratamientos tienen a la línea autofecundada L2 como progenitor femenino. Los tratamientos T3, T8, T13, T24 y T29 son estadísticamente inferiores al resto de tratamientos en estudio y estos tratamientos tienen a la línea autofecundada L5 como progenitor femenino (figura 14). Esto nos permite concluir que hay un fuerte efecto del progenitor femenino en el peso de las semillas híbridas obtenidas. Es necesario recalcar que este comportamiento no es un indicador del comportamiento en campo de las plantas obtenidas de estas semillas híbridas.

Noriega (2009) obtuvo 4.8 gramos de semilla por cápsula al cruzar los genotipos Tununtunumba (Progenitor masculino) x Shica (Progenitor femenino) y el menor peso de semillas obtenido (2.09 gramos) fue al cruzar Zungarococha (Progenitor masculino) x Habana (Progenitor femenino). Noriega (2009) indica que las respuestas obtenidas probablemente se debían al genotipo de los progenitores, condiciones edafoclimáticas y niveles nutricionales. En el presente trabajo los tratamientos que tienen a la línea autofecundada L2 como progenitor femenino presentaron los valores más altos (Gráfico 6) y en este caso se debe solo a factores genéticos ya que todos las plantas con las que se trabajó fueron expuestas a las mismas condiciones edafoclimáticas y nutricionales.

### **3.2.7. Peso de cáscara por cápsula**

El peso de cáscara por cápsula nos sirve para determinar indirectamente el rendimiento de semillas de las cápsulas. Al igual que el peso de semillas, está influenciado por factores genéticos, condiciones edafoclimáticas y adecuado balance de nutrientes.

Se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (tabla 12 del Análisis de Varianza y figura 15 de la prueba de DUNCAN) por lo tanto al

menos uno de los tratamientos difiere de otro en su comportamiento. El coeficiente de variabilidad es igual a 3.61 % y un coeficiente de determinación igual a 81.08 %, valores aceptables para los trabajos realizados en condiciones de campo (Calzada, 1982). La variación en las respuestas se debe a factores genéticos de los progenitores.

Considerando que los tratamientos T1, T12, T17, T22 y T27 presentaban mayor peso de cápsula, al separar la cáscara de las semillas también se observa que estos mismos tratamientos que contienen a la línea L2 como progenitor femenino y que presentaron mayor peso de semillas por cápsula también presentaron mayor peso de cáscara por cápsula.

Noriega (2009) obtuvo 3.74 gramos de cáscara por cápsula al cruzar los ecotipos Zungarococha (progenitor masculino) x Tununtunumba (progenitor femenino). En el presente estudio los tratamientos que tienen a la línea L2 como progenitor femenino son estadísticamente superiores y sus valores oscilan entre 3.27 a 3.39 gramos de cáscara por cápsula.

### **3.2.8. Diámetro de semillas**

El diámetro de semillas es una variable que también está influenciado por factores genéticos, condiciones edafoclimáticas y provisión adecuada de nutrientes. El análisis de varianza (tabla 13) y prueba de DUNCAN (figura 16) indican que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, con respecto al diámetro de semillas. Presenta un coeficiente de variabilidad igual a 1.37 % y un coeficiente de determinación igual a 94.24 %, con valores aceptables dentro del rango de confianza (Calzada, 1982). Las diferencias entre las respuestas de los distintos tratamientos se deben a factores genéticos de los progenitores.

Los tratamientos T1, T12, T17, T22 y T27 que tienen a la línea autofecundada L2 como progenitor femenino son estadísticamente superiores al resto de tratamientos. Los tratamientos T3, T8, T13, T24 y T29 tienen a la línea autofecundada L5 como progenitor femenino y son estadísticamente inferiores frente al resto de tratamientos en estudio (figura 16). Al igual que en las demás

variables estudiadas se observa un fuerte efecto del progenitor femenino en el diámetro de las semillas de los híbridos obtenidos.

Noriega (2009) obtuvo 2.006 cm de diámetro de semillas al cruzar los ecotipos Tununtunumba (Progenitor masculino) x Shica (Progenitor femenino) Este resultado fue atribuido a las características genéticas de los progenitores y a las condiciones climáticas imperantes en la zona donde se realizó la evaluación. Mientras que en este estudio los tratamientos que tienen a la línea autofecundada L2 como progenitor femenino presentan los mayores valores y oscilan entre 1.85 a 1.88 cm de diámetro de semillas y en este caso se debe solo a factores genéticos ya que todas las plantas con las que se trabajó fueron expuestas a las mismas condiciones edafoclimáticas y nutricionales.

### **3.2.9. Espesor de semillas**

En la tabla 14 del Análisis de Varianza y figura 17 de la prueba de DUNCAN, se observan diferencias estadísticas significativas. El coeficiente de variación es igual a 2.98 %, valor aceptable para los trabajos realizados en campo (Calzada, 1982). El coeficiente de determinación es 75.28 %, indicando que las diferencias estadísticas en las respuestas de los distintos tratamientos se debe al genotipo de los parentales, considerando que todas las plantas fueron sometidos a las mismas condiciones edafoclimáticas y nutricionales.

Nuevamente al igual que en el diámetro de semillas los tratamientos T1, T12, T17, T22 y T27 que tienen a la línea autofecundada L2 como progenitor femenino son estadísticamente diferentes y superiores al resto de tratamientos en espesor de semillas. Los tratamientos T3, T8, T13, T24 y T29 son estadísticamente inferiores al resto de tratamientos en estudio y estos tratamientos tienen a la línea autofecundada L5 como progenitor femenino (figura 17). Se observa una dominancia del progenitor femenino en el comportamiento de esta variable en las semillas híbridas obtenidas.

### **3.2.10. Peso de 100 semillas**

El peso de 100 semillas es una variable que nos permitirá determinar el número aproximado de semillas por kilogramo de producto. El análisis de varianza (figura

15 y figura 18) muestra diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, es decir al menos un tratamiento difiere de otro. El coeficiente de variabilidad fue de 3.47 % y se encuentra dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos realizados en condiciones de campo según Calzada (1982). El coeficiente de determinación fue de 83.3 % y por lo tanto las diferencias se debe a factores genéticos de los progenitores ya que las condiciones edafoclimáticas y nutricionales fueron las mismas para todas las plantas de las líneas autofecundadas empleadas.

Los tratamientos T1, T12, T17, T22 y T27 son estadísticamente diferentes y superiores al resto de tratamientos en estudio y tienen a la línea autofecundada L2 como progenitor femenino, los valores oscilan entre 92.25 y 94.83 gramos por 100 semillas. Los tratamientos T3, T8, T13, T24 y T29 son estadísticamente inferiores al resto de tratamientos en estudio y estos tratamientos tienen a la línea autofecundada L5 como progenitor femenino, los resultados oscilan entre 75.08 y 77.92 gramos por 100 semillas (figura 18). El resultado se debe al genotipo de los progenitores, con un efecto dominante por parte del progenitor femenino.

Noriega (2009) obtuvo 109.33 gramos al cruzar los ecotipos Tununtunumba (Progenitor masculino) x Shica (Progenitor femenino) y el menor valor (52.47 gramos) lo obtuvo al cruzar los ecotipos Habana (Progenitor masculino) x Zungarococha (Progenitor femenino), resultado que fue atribuido al genotipo de los progenitores.

### **3.2.11. Porcentaje de germinación de los híbridos obtenidos**

El Porcentaje de germinación es una variable que nos permite determinar la viabilidad de las semillas por kilogramo de producto, permitiéndonos determinar la cantidad que se necesita para instalar cultivos. En la tabla 16 del Análisis de Varianza y figura 19 de la prueba de DUNCAN, muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, es decir que las semillas de todos los tratamientos tienen igual potencial germinativo. El coeficiente de variabilidad fue de 0 % y se encuentra dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos realizados en condiciones de campo según Calzada (1982). El coeficiente de determinación fue de 0 % y por lo tanto esto demuestra que el sachá inchi (híbridos

obtenidos) es una planta de polinización cruzada, (Cachique, 2006) menciona que el Cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) - Euphorbiaceae", presenta un alto porcentaje de polinización cruzada, lo cual implica que se trata de una especie alógama.

Su importancia radica en la sobrevivencia de la especie a través de los años ya que proporciona diversidad al pool genético dentro de la población de las plantas (Hoopingarner y Waller 1993).

## CONCLUSIONES

- En el trabajo de investigación realizado, producto de las cruzas directas y recíprocas de las líneas autofecundadas S3 en estudio, con una polinización controlada y utilizando el método del sorbete se logró obtener híbridos F1 en todos los tratamientos.
- Se comprobó que todas las líneas autofecundadas S3 en estudio son compatibles entre sí, tanto en cruzas directas y recíprocas destacando los tratamientos T3, T4, T5, T8, T9, T13, T15, T20, T26, T28 y T29 que son estadísticamente diferentes y superiores en comparación al resto de los tratamientos en el porcentaje de fecundación, siendo T5 con 46.67 % el tratamiento numéricamente superior.
- Todos los tratamientos que tienen a la línea autofecundada L2 como progenitor femenino presentan los valores más altos, mientras que los tratamientos que tienen a la línea autofecundada L5 como progenitor femenino presentan los valores más bajos en todas las variables evaluadas, observándose un efecto dominante del progenitor femenino.
- En la caracterización realizada en cuanto a la evaluación cualitativa, se observó que los frutos obtenidos en todos los tratamientos son tetralobados, de formas iguales pero tamaños diferentes y todos tienen el mismo color verde, y en lo cuantitativo los frutos obtenidos en todos los tratamientos tienen pesos y medidas distintas.
- Se observó que todos los frutos obtenidos son semillas viables ya que se obtuvo el mismo porcentaje de germinación en todos los tratamientos.

## RECOMENDACIONES

- Evaluar en condiciones de campo a los híbridos F1 obtenidos en el presente estudio.
- Luego de determinar en campo las 2 líneas autofecundadas S3 que permiten obtener el híbrido F1 de mejor comportamiento agronómico, instalarlos en una parcela aislada con dos filas de la línea que actúa como progenitor femenino y una fila de la línea que actúa como progenitor masculino para la formación de la semilla híbrida. El progenitor femenino debe ser emasculado en el 100 % de sus flores para evitar contaminación.
- Perfeccionar y validar el método del sorbete para asegurar una mayor eficiencia y confiabilidad en los trabajos realizados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo, G. (1990 – 1995). “*Informes de Resultados de Investigación*”. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología E.E. “El Porvenir.”
- Ayala J. John A. Kiger J. (1984). *Genética moderna, fondo educativo interamericano S. A*, Ediciones omega S. A, Barcelona. 813 pp.
- Bussman, R; Téllez, C; Glenn, A. (2009). *Plukenetia huayllabambana* sp. nov. (Euphorbiaceae) from the upper Amazon of Peru. *Nordic Journal of Botany*. 27: 313-315.
- Cachique, D. (2006). *Estudio de la biología floral y reproductiva en el cultivo de sachá Inchi (Plukenetia volubilis L.)*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. 70 pp.
- Cachique, D. Rodríguez, A. Ruiz Solsol, H. Vallejos, G, Solis, R. (2011). *Propagación Vegetativa del sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación en la amazonia peruana*. 100 pp.
- Calzada, J. (1982). *Métodos estadísticos para la investigación, Universidad Nacional Agraria*. Editorial jurídica S. A. LIMA – PERÚ. 644 pp.
- Chasan, R. y Walbot, V. (1993). *Mechanisms of plant reproduction: questions and approaches*. *The Plant Cell (USA)* 5 (10): 1139-1146.
- Corbet, S., Osborne, J. y Williams, I. (1991). *Bees pollination and habitat changes in the european community*. *Bee World (Inglaterra)* 72 (3): 99-115.
- Cubero, J. (2003). *Introducción a la mejora genética vegetal*. 2º Ed. Ediciones Mundi – Prensa 567 pp.
- Dumas, C., Clarke, A. y Knox, R. (1985). *La fecundación de las flores*. Barcelona, España. *Mundo Científico Fontalba*. 55(44): 188-197.
- Durán K. Cruz F. (2011). *Incompatibilidad sexual, un mecanismo genético que evita la autofecundación y contribuye a la diversidad vegetal* rev. fitotec. mex. Vol. 34.
- Fahn, A. (1978). *Anatomía Vegetal*. Madrid. España. H. Blume. 643 pp.
- Frankel, R. y Galum, C. (1977). *Pollination mechanisms reproduction and plantbreeding*. New York. Springer – Verlag. 281 pp.
- Free, J. (1993). *Insect pollination of crops*. 2da Ed. London. Academic Press. 684pp.

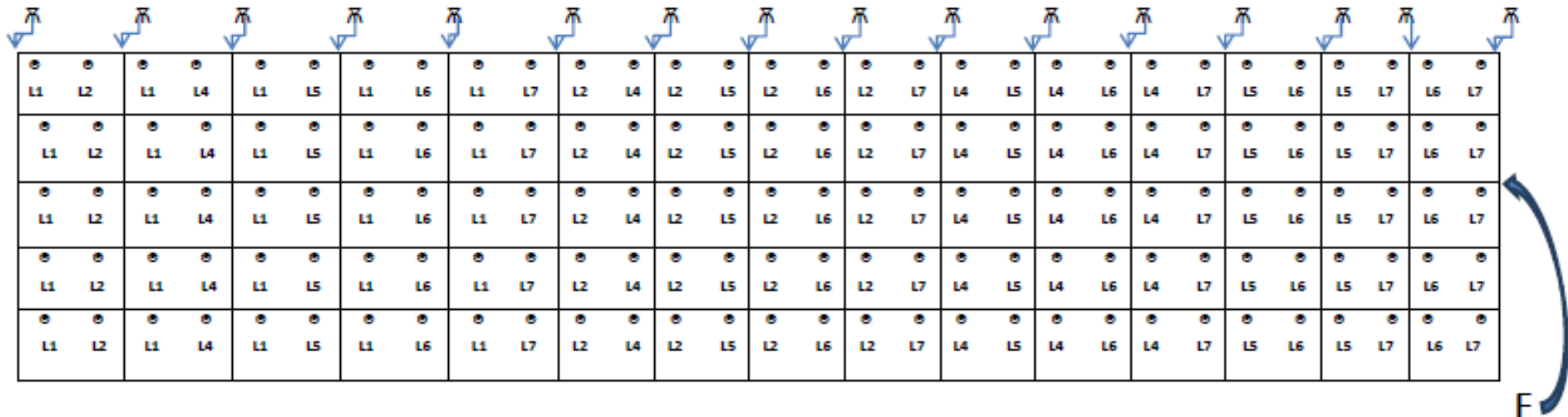


- Gillespie, L. (1993). “*A Sinopsis of Neotropical Plukenetia*” (*Euphorbiaceae*) including two new species. Systematic Botany.
- Hartmann, H. Kester. (1980). *Propagación de Plantas*. Principios y Prácticas. CECSA. 525pp.
- Hill, J., Overholts, L., Popp, H. y Grove, A. (1964). *Tratado de botánica*. Barcelona. España. Ediciones Omega. 747 pp.
- Hoopingarner, R. y Waller, G. (1993). *Crop pollination*. In: Graham, J. E. (ed.) *The Hive and Honeybee*. Michigan. U:S:A: Brokgrafters.:1043-1082pp.
- Klinkhamer, P. y De Jong, T. (1993). *Attractiveness to pollinators: a plant's dilemma*. Oikos (Suecia) 66 (1): 180-184pp.
- Manco, E. (1996 – 2003). “*Informes de resultados de investigación, Programa Nacional de Investigación en recursos Genéticos y Biotecnología*” EE. El Porvenir INIA – Tarapoto.
- Manco, E. (2004). *Sacha Inchi, Planta prometedor de la Amazonía Peruana*. El porvenir agrario, INIEA – Tarapoto.1 (1):11.
- Manco, E. (2006). “*Cultivo de Sacha Inchi*”. Estación Experimental Agraria “El Porvenir”, INIEA. Tarapoto. 11 pp.
- Manco, E. (2008). *Sacha Inchi, Cultivo Promisorio para la Amazonía Peruana*. INIA – E.E.A. “El Porvenir”, San Martín, Perú. 2-3 pp.
- Mcgregor, S. (1976). *Insect pollination of cultivated crop plants*. Agriculture Agricultural Research Service. Washington. D.C. (U. S.A). Department of Agriculture. Handbook n° 496. 411pp.
- Mostacero, J; Mejía, F; Gamarra, O. (2002). *Taxonomía de las Fanerógamas Útiles del Perú*. Editorial Normas Legales S.A.C. CONCYTEC. Trujillo-Perú. 674 pp.
- Noriega H. (2009). *Estudio de compatibilidad de cinco ecotipos promisorios de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) en la Región San Martín – Perú*. Tesis 53 pp.
- Poehlman, J. Sleper D. (2003). *Mejoramiento genético de las cosechas*. Editorial Limusa S. A de C. V Grupo Noriega Editores 511 pp.
- Sevilla, R. Holle M. (2004). *Recursos Genéticos Vegetales*. Ediciones Luís León Asociados SRL. Lima Perú. 445 p.
- Strasburger, E.; Noll, F.; Schenk, H. y Schimper, A. (1994). *Tratado de Botánica*. 8ª ed. Barcelona. Omega. 1068 pp.
- Valles, C. (1995). *El Sacha Inchi, Planta Nativa de Importancia Proteica y Aceitera Promisoria para la Selva Alta*. Separatas 8 pp.

Verdi V. (2004). *Evaluación del período de receptividad del estigma en maqui (Aristotelia chilensis (Mol.) Stuntz) y murta (UgnimolinaeTurcz).* VALDIVIA – CHILE.

## ANEXOS

### Anexo 1. Croquis de campo



⌘ : Este símbolo representa la ubicación de las sinchinas, el espacio de poste a poste es de 6m, los postes utilizados por fila son 16 y multiplicando esta cantidad por 5 filas tenemos un total de 80 postes, ubicados cada uno en cada intersección.

⊗ : Representa las plantas (S3) sembradas debajo del alambre con un distanciamiento de 1,5m del poste al hoyo, por lo que al final las plantas quedan con un espacio de 3m de planta a planta.

F: La F representa las filas de alambre N° 12 en esta parcela experimental, las cuales son 5, distanciadas una de la otra por 3m.

El distanciamiento total de planta a planta es de 3 x 3m. y el número total es de 150 plantas.

## Anexo 2.

### Datos obtenidos de campo

Cruza	Tratamiento	Repetición	Porcentaje de fecundación (%)	Transformado	Peso de cápsula (gr)	Diámetro de cápsula	Espesor de cápsula	Nro semillas por cápsula	Peso de semillas por cápsula (gr)	Porcentaje de semilla	Peso de cáscara por cápsula (gr)	Diámetro de semillas (cm)	Espesor de semillas (cm)	Peso de 100 semillas (gr)	Porcentaje de germinación (%)	Transformado
L1xL2	T1	R1	35.29	0.64	<b>7.02</b>	4.71	2.42	4	<b>3.79</b>	<b>53.99</b>	3.23	1.87	0.82	94.75	30	0.58
		R2	30.3	0.58	<b>7.3</b>	4.69	2.41	4	<b>3.81</b>	<b>52.19</b>	3.49	1.85	0.81	95.25	30	0.58
		R3	33.33	0.62	<b>7</b>	4.73	2.42	4	<b>3.78</b>	<b>54.00</b>	3.22	1.9	0.8	94.50	30	0.58
L1xL4	T2	R1	30.3	0.58	6.33	4.42	2.27	4	3.35	<b>52.92</b>	2.98	1.72	0.76	83.75	30	0.58
		R2	33.33	0.62	6.19	4.43	2.27	4	3.24	<b>52.34</b>	2.95	1.72	0.76	81.00	30	0.58
		R3	36	0.64	6.13	4.39	2.23	4	3.2	<b>52.20</b>	2.93	1.69	0.75	80.00	30	0.58
L1xL5	T3	R1	42.86	0.71	5.74	4.27	2.15	4	3.02	<b>52.61</b>	2.72	1.58	0.7	75.50	30	0.58
		R2	42.11	0.71	6	4.3	2.15	4	3.2	<b>53.33</b>	2.8	1.62	0.7	80.00	30	0.58
		R3	34.15	0.62	5.86	4.3	2.15	4	3.11	<b>53.07</b>	2.75	1.62	0.69	77.75	30	0.58
L1xL6	T4	R1	42.86	0.71	6.21	4.38	2.23	4	3.26	<b>52.50</b>	2.95	1.68	0.72	81.50	30	0.58
		R2	40	0.68	6.33	4.45	2.28	4	3.3	<b>52.13</b>	3.03	1.7	0.74	82.50	30	0.58
		R3	44.44	0.73	6.1	4.36	2.23	4	3.25	<b>53.28</b>	2.85	1.66	0.73	81.25	30	0.58
L1xL7	T5	R1	50	0.79	6.19	4.41	2.26	4	3.28	<b>52.99</b>	2.91	1.69	0.73	82.00	30	0.58
		R2	50	0.79	6.15	4.4	2.25	4	3.3	<b>53.66</b>	2.85	1.68	0.74	82.50	30	0.58
		R3	40	0.68	6.24	4.4	2.25	4	3.35	<b>53.69</b>	2.89	1.68	0.72	83.75	30	0.58
L2xL1	T6	R1	35	0.63	6.72	4.58	2.32	4	3.6	<b>53.57</b>	3.12	1.78	0.74	90.00	30	0.58
		R2	33.33	0.62	6.33	4.45	2.28	4	3.3	<b>52.13</b>	3.03	1.7	0.78	82.50	30	0.58
		R3	37.5	0.66	6.51	4.53	2.3	4	3.45	<b>53.00</b>	3.06	1.74	0.77	86.25	30	0.58
L2xL4	T7	R1	35	0.63	6.19	4.45	2.26	4	3.25	<b>52.50</b>	2.94	1.72	0.76	81.25	30	0.58
		R2	34.62	0.63	6.51	4.5	2.26	4	3.46	<b>53.15</b>	3.05	1.74	0.81	86.50	30	0.58
		R3	34.62	0.63	6.33	4.44	2.25	4	3.3	<b>52.13</b>	3.03	1.7	0.79	82.50	30	0.58

L2xL5	T8	R1	34.62	0.63	5.86	4.29	2.15	4	3	<b>51.19</b>	2.86	1.58	0.7	75.00	30	0.58
		R2	33.33	0.62	6	4.31	2.15	4	3.1	<b>51.67</b>	2.9	1.64	0.72	77.50	30	0.58
		R3	50	0.79	5.79	4.26	2.17	4	3.05	<b>52.68</b>	2.74	1.58	0.71	76.25	30	0.58
L2xL6	T9	R1	37.5	0.66	6.18	4.41	2.26	4	3.29	<b>53.24</b>	2.89	1.7	0.8	82.25	30	0.58
		R2	37.5	0.66	6.33	4.42	2.26	4	3.35	<b>52.92</b>	2.98	1.72	0.75	83.75	30	0.58
		R3	41.18	0.70	6.15	4.4	2.25	4	3.18	<b>51.71</b>	2.97	1.72	0.72	79.50	30	0.58
L2xL7	T10	R1	37.5	0.66	6.25	4.4	2.25	4	3.25	<b>52.00</b>	3	1.68	0.74	81.25	30	0.58
		R2	36.36	0.65	5.98	4.36	2.23	4	3.18	<b>53.18</b>	2.8	1.65	0.76	79.50	30	0.58
		R3	31.81	0.60	6.45	4.42	2.26	4	3.42	<b>53.02</b>	3.03	1.7	0.77	85.50	30	0.58
L4xL1	T11	R1	20.59	0.47	6.72	4.6	2.34	4	3.6	<b>53.57</b>	3.12	1.78	0.74	90.00	30	0.58
		R2	42.86	0.71	6.24	4.35	2.22	4	3.28	<b>52.56</b>	2.96	1.68	0.77	82.00	30	0.58
		R3	34.78	0.63	6.53	4.51	2.24	4	3.36	<b>51.45</b>	3.17	1.74	0.7	84.00	30	0.58
L4xL2	T12	R1	31.03	0.59	<b>7.18</b>	4.75	2.44	4	<b>3.78</b>	<b>52.65</b>	3.4	1.9	0.78	94.50	30	0.58
		R2	31.43	0.60	<b>7</b>	4.75	2.44	4	<b>3.73</b>	<b>53.29</b>	3.27	1.9	0.82	93.25	30	0.58
		R3	41.67	0.70	<b>7.3</b>	4.63	2.39	4	<b>3.85</b>	<b>52.74</b>	3.45	1.85	0.82	96.25	30	0.58
L4xL5	T13	R1	37.04	0.65	5.88	4.3	2.15	4	3.08	<b>52.38</b>	2.8	1.62	0.72	77.00	30	0.58
		R2	41.67	0.70	5.93	4.32	2.15	4	2.98	<b>50.25</b>	2.95	1.62	0.69	74.50	30	0.58
		R3	41.67	0.70	5.51	4.25	2.14	4	2.95	<b>53.54</b>	2.56	1.6	0.7	73.75	30	0.58
L4xL6	T14	R1	30	0.58	5.93	4.32	2.15	4	3.12	<b>52.61</b>	2.81	1.64	0.77	78.00	30	0.58
		R2	38.1	0.67	6.58	4.52	2.3	4	3.5	<b>53.19</b>	3.08	1.7	0.76	87.50	30	0.58
		R3	30	0.58	6.4	4.4	2.25	4	3.45	<b>53.91</b>	2.95	1.68	0.72	86.25	30	0.58
L4xL7	T15	R1	39.13	0.68	6	4.35	2.22	4	3.1	<b>51.67</b>	2.9	1.66	0.74	77.50	30	0.58
		R2	37.5	0.66	6.2	4.41	2.25	4	3.29	<b>53.06</b>	2.91	1.67	0.76	82.25	30	0.58
		R3	40	0.68	6.46	4.44	2.26	4	3.42	<b>52.94</b>	3.04	1.7	0.75	85.50	30	0.58
L5xL1	T16	R1	23.91	0.51	6.19	4.45	2.26	4	3.26	<b>52.67</b>	2.93	1.7	0.7	81.50	30	0.58
		R2	37.5	0.66	6.96	4.57	2.36	4	3.63	<b>52.16</b>	3.33	1.76	0.72	90.75	30	0.58
		R3	31.03	0.59	6.54	4.51	2.31	4	3.4	<b>51.99</b>	3.14	1.72	0.75	85.00	30	0.58
L5xL2	T17	R1	28.57	0.56	<b>7.18</b>	4.75	2.44	4	<b>3.75</b>	<b>52.23</b>	3.43	1.9	0.8	93.75	30	0.58

		R2	41.94	0.70	<b>6.8</b>	4.7	2.42	4	<b>3.63</b>	<b>53.38</b>	3.17	1.86	0.8	90.75	30	0.58
		R3	26.92	0.55	<b>6.95</b>	4.7	2.42	4	<b>3.69</b>	<b>53.09</b>	3.26	1.86	0.82	92.25	30	0.58
<b>L5xL4</b>	T18	R1	25	0.52	6.59	4.52	2.27	4	3.5	<b>53.11</b>	3.09	1.72	0.72	87.50	30	0.58
		R2	33.33	0.62	6.19	4.45	2.26	4	3.29	<b>53.15</b>	2.9	1.71	0.75	82.25	30	0.58
		R3	31.58	0.60	6.18	4.45	2.26	4	3.25	<b>52.59</b>	2.93	1.7	0.74	81.25	30	0.58
<b>L5xL6</b>	T19	R1	33.33	0.62	6.27	4.43	2.25	4	3.25	<b>51.83</b>	3.02	1.68	0.73	81.25	30	0.58
		R2	29.03	0.57	6.43	4.46	2.26	4	3.29	<b>51.17</b>	3.14	1.7	0.7	82.25	30	0.58
		R3	33.33	0.62	6.18	4.29	2.14	4	3.25	<b>52.59</b>	2.93	1.66	0.73	81.25	30	0.58
<b>L5xL7</b>	T20	R1	43.48	0.72	5.97	4.33	2.16	4	3.21	<b>53.77</b>	2.76	1.68	0.76	80.25	30	0.58
		R2	37.5	0.66	6.45	4.44	2.26	4	3.42	<b>53.02</b>	3.03	1.68	0.74	85.50	30	0.58
		R3	45	0.74	6.21	4.42	2.25	4	3.31	<b>53.30</b>	2.9	1.68	0.78	82.75	30	0.58
<b>L6xL1</b>	T21	R1	39.13	0.68	6.54	4.5	2.27	4	3.42	<b>52.29</b>	3.12	1.73	0.73	85.50	30	0.58
		R2	29.17	0.57	6.26	4.45	2.25	4	3.48	<b>55.59</b>	2.78	1.74	0.81	87.00	30	0.58
		R3	29.63	0.58	6.36	4.47	2.25	4	3.32	<b>52.20</b>	3.04	1.72	0.73	83.00	30	0.58
<b>L6xL2</b>	T22	R1	28.57	0.56	<b>7.05</b>	4.73	2.43	4	<b>3.7</b>	<b>52.48</b>	3.35	1.82	0.77	92.50	30	0.58
		R2	29.63	0.58	<b>6.9</b>	4.75	2.44	4	<b>3.72</b>	<b>53.91</b>	3.18	1.84	0.83	93.00	30	0.58
		R3	30	0.58	<b>7</b>	4.79	2.44	4	<b>3.72</b>	<b>53.14</b>	3.28	1.88	0.79	93.00	30	0.58
<b>L6xL4</b>	T23	R1	21.21	0.48	6.43	4.42	2.24	4	3.35	<b>52.10</b>	3.08	1.69	0.79	83.75	30	0.58
		R2	23.73	0.51	6.19	4.38	2.24	4	3.27	<b>52.83</b>	2.92	1.68	0.79	81.75	30	0.58
		R3	35.71	0.64	6.01	4.33	2.22	4	3.17	<b>52.75</b>	2.84	1.68	0.75	79.25	30	0.58
<b>L6xL5</b>	T24	R1	42.86	0.71	5.55	4.25	2.12	4	2.9	<b>52.25</b>	2.65	1.62	0.68	72.50	30	0.58
		R2	30	0.58	6.01	4.33	2.22	4	3.2	<b>53.24</b>	2.81	1.67	0.7	80.00	30	0.58
		R3	29.63	0.58	5.79	4.28	2.14	4	3.05	<b>52.68</b>	2.74	1.64	0.72	76.25	30	0.58
<b>L6xL7</b>	T25	R1	31.03	0.59	6.37	4.45	2.26	4	3.42	<b>53.69</b>	2.95	1.7	0.82	85.50	30	0.58
		R2	33.33	0.62	6.2	4.41	2.25	4	3.26	<b>52.58</b>	2.94	1.69	0.76	81.50	30	0.58
		R3	31.25	0.59	6.07	4.32	2.22	4	3.3	<b>54.37</b>	2.77	1.65	0.75	82.50	30	0.58
<b>L7xL1</b>	T26	R1	53.57	0.82	6.8	4.55	2.32	4	3.65	<b>53.68</b>	3.15	1.74	0.76	91.25	30	0.58
		R2	40	0.68	6.55	4.5	2.3	4	3.45	<b>52.67</b>	3.1	1.72	0.74	86.25	30	0.58

		R3	27.27	0.55	6.82	4.55	2.32	4	3.65	<b>53.52</b>	3.17	1.74	0.78	91.25	30	0.58
<b>L7xL2</b>	T27	R1	29.17	0.57	7.2	4.8	2.45	4	3.78	<b>52.50</b>	3.42	1.88	0.77	94.50	30	0.58
		R2	25.93	0.53	7.1	4.8	2.45	4	3.7	<b>52.11</b>	3.4	1.88	0.77	92.50	30	0.58
		R3	33.33	0.62	7.15	4.74	2.44	4	3.8	<b>53.15</b>	3.35	1.84	0.81	95.00	30	0.58
<b>L7xL4</b>	T28	R1	42.11	0.71	6.19	4.4	2.25	4	3.22	<b>52.02</b>	2.97	1.7	0.75	80.50	30	0.58
		R2	45	0.74	6.32	4.42	2.25	4	3.31	<b>52.37</b>	3.01	1.72	0.76	82.75	30	0.58
		R3	41.67	0.70	6.17	4.4	2.22	4	3.28	<b>53.16</b>	2.89	1.72	0.78	82.00	30	0.58
<b>L7xL5</b>	T29	R1	38.1	0.67	5.72	4.28	2.12	4	3.15	<b>55.07</b>	2.57	1.62	0.72	78.75	30	0.58
		R2	36.36	0.65	5.7	4.28	2.12	4	2.9	<b>50.88</b>	2.8	1.62	0.7	72.50	30	0.58
		R3	46.15	0.75	5.8	4.32	2.22	4	3.3	<b>56.90</b>	2.5	1.65	0.7	82.50	30	0.58
<b>L7xL6</b>	T30	R1	36.11	0.64	6.3	4.32	2.22	4	3.3	<b>52.38</b>	3	1.67	0.74	82.50	30	0.58
		R2	37.5	0.66	6.01	4.35	2.24	4	3.08	<b>51.25</b>	2.93	1.66	0.76	77.00	30	0.58
		R3	27.78	0.56	6.62	4.4	2.22	4	3.55	<b>53.63</b>	3.07	1.7	0.78	88.75	30	0.58

### Anexo 3. Análisis de suelos - Caracterización

Caracterización de Suelos de las parcelas demostrativas en Bello Horizonte

## ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : IIAP

Departamento : SAN MARTÍN

Distrito :

Referencia H.R. 37090-068C-12

Fact.: Pendiente

Provincia :

Predio :

Fecha : 25/09/12

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
11700	<b>B-I (B.</b>	4.71	0.09	0.00	0.97	6.6	45	67	16	17	Fr.A.	6.40	2.77	0.57	0.23	0.10	0.30	3.97	3.67	57
11701	<b>B-II (B.</b>	4.82	0.04	0.00	0.90	2.9	18	75	14	11	Fr.A.	4.80	1.62	0.40	0.17	0.13	0.40	2.72	2.32	48
11702	<b>B-III (B.</b>	5.30	0.05	0.00	0.41	3.1	17	81	12	7	A.Fr.	3.20	1.39	0.23	0.16	0.11	0.30	2.20	1.90	59
11703	<b>B-IV (B.</b>	4.87	0.04	0.00	0.69	4.0	8	79	14	7	A.Fr.	3.20	1.19	0.22	0.14	0.10	0.30	1.94	1.64	51

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Ing. Braulio La Torre Martínez*  
*Jefe del Laboratorio*